

Universitätsklinik für Unfall-, Hand- und Wiederherstellungschirurgie der FSU Jena und
Klinik für Unfall- und Wiederherstellungschirurgie an den Berufsgenossenschaftlichen
Kliniken Bergmannstrost, Halle

Direktor: Professor Dr. med. Dr. rer. nat. G. O. Hofmann

**Operative Behandlung von Frakturen des thorakolumbalen Überganges.
Posterior lumbar interbody fusion (PLIF) versus thorakoskopische dorsoventrale
Stabilisierung.
Radiologische und klinische Ergebnisse.**

Dissertation
zur Erlangung des akademischen Grades
doctor medicinae (Dr. med.)

Vorgelegt
dem Rat der Medizinischen Fakultät
der Friedrich-Schiller-Universität Jena

von: Markus Damrau

geboren am: 25.11.1973 in: Halle

Gutachter:

1. Professor Dr. Dr. Gunter O. Hofmann, Jena
2. Professor Dr. Christoph-E. Heyde, Leipzig
3. Professor Dr. David Wohlrab, Halle (Saale)

Tag der öffentlichen Verteidigung: 05.03.2013

Abkürzungsverzeichnis

AG	-	Allgemeine Gesundheit
AIS	-	Abbreviated injury scale
ALIF	-	Anterior lumbar interbody fusion
AO	-	Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen
ASIA	-	American spinal injury association
BWS	-	Brustwirbelsäule
CT	-	Computertomografie
DGU	-	Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie
EKG	-	Elektrokardiogramm
ER	-	Emotionale Rollenfunktion
GDW	-	Grund-Deckplattenwinkel
ICR	-	Intercostalraum
KF	-	Körperliche Funktionsfähigkeit
KR	-	Körperliche Rollenfunktion
KS	-	Körperliche Schmerzen
L	-	Lumbal
LWS	-	Lendenwirbelsäule
MdE	-	Minderung der Erwerbsfähigkeit
ME	-	Materialentfernung
MRT	-	Magnetresonanztomografie
OP	-	Operation
PLIF	-	Posterior lumbar interbody fusion
PW	-	Psychisches Wohlbefinden
SF	-	Soziale Funktionsfähigkeit
SF36	-	Short form 36
SI	-	Sagittaler Index
Th	-	Thorakal
V	-	Vitalität
WKW	-	Wirbelkörperwinkel

Inhaltsverzeichnis

1. Zusammenfassung	6
2. Zielstellung und Hypothese	8
3. Einleitung	9
3.1. Aufbau der Wirbelsäule	9
3.2. Pathomechanismen von Wirbelsäulen-Verletzungen	10
3.3. AO-Klassifikation von Wirbelsäulen-Verletzungen	13
3.4. Frankel-/ASIA-Klassifikation von neurologischen Defiziten	15
3.5. Diagnostik	16
3.5.1. Klinisch	16
3.5.2. Radiologisch	17
3.6. Therapie	18
3.6.1. Entwicklung	18
3.6.1.1. Dorsaler Zugang und Stabilisierung	18
3.6.1.2. Ventraler Zugang	19
3.6.1.3. Ventrale Stabilisierung	20
3.6.2. Warum kombiniert operieren?	21
4. Methodik	22
4.1. Auswahl der Patienten und Klinikstrukturen	22
4.2. Behandlungsverlauf	23
4.2.1. Stationäre Akutbehandlung	23
4.2.2. Wahl des Operationsverfahrens und des Zeitpunktes	24
4.3. Operationen	25
4.3.1. Primäroperation	25
4.3.2. Sekundäroperation in PLIF-Technik	26
4.3.3. Sekundäroperation transthorakal thorakoskopisch	27
4.4. Nachuntersuchung	28
4.4.1. Rekrutierung der Teilnehmer	28
4.4.2. Erstellung des Analysebogens	29
4.4.3. Durchführung der Nachuntersuchung	29
4.4.3.1. Befragung	29
4.4.3.2. Klinische Untersuchung	30
4.4.3.3. Auswertung der Röntgenbilder	30

4.5.	Statistische Auswertung der objektiven Daten	32
5.	Ergebnisse	33
5.1.	Auswertung der Akten und Fragebögen	33
5.2.	Radiologische Ergebnisse	37
5.3.	Score-Ergebnisse	40
6.	Diskussion	43
6.1.	Literaturübersicht	43
6.2.	Demografische Daten	45
6.3.	Radiologische Ergebnisse	49
6.4.	Score-Ergebnisse	53
6.5.	Einflussfaktoren auf Untersuchung und Ergebnisse	55
7.	Schlussfolgerung	56
8.	Literaturverzeichnis	57
9.	Anhang	64

1. Zusammenfassung

Ziel der vorliegenden Arbeit ist die Darstellung von Ergebnissen der beiden aktuell an der Klinik für Unfall- und Wiederherstellungschirurgie an den Berufsgenossenschaftlichen Kliniken Bergmannstrost Halle, bis zum 31.12.2003 auch Universitätsklinik der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, am häufigsten durchgeführten Operationen an der Brust- und Lendenwirbelsäule. Dabei handelt es sich um die thorakoskopische ventrale Stabilisierung sowie um die Implantation von Cages mittels PLIF-Technik als Zweitoperation nach primärer Versorgung beider Gruppen mit einem Fixateur interne. Es konnten von den bis zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung 61 versorgten Patienten 43 (70,5%) befragt und kontrolliert werden. Es wurde zum einen das radiologische Ergebnis und zum anderen das subjektive Befinden unter Zuhilfenahme von verschiedenen Fragebögen und Scores dokumentiert.

Signifikante epidemiologische Differenzen fanden sich bei der Operationszeit und der Dauer bis zur kompletten operativen Versorgung, was sich vor allem durch die Tatsache erklärt, dass die Methode des tPLIF für die hier untersuchten Verletzten an der Klinik neu eingeführt wurde. Auffallend waren der wesentlich höhere Anteil von schwer verletzten Patienten der AIS-Grade 3-5 bzw. von anhaltend arbeitsunfähigen oder berenteten Patienten in der in PLIF-Technik versorgten Gruppe verglichen mit der thorakoskopisch dorsoventral stabilisierten Population.

Bei den röntgenologischen Daten zeigten sich signifikante Unterschiede vor allem bei den präoperativen Werten, hier sind der Wirbelkörperwinkel, beide Grund-Deckplattenwinkel sowie der sagittale Index in der thorakoskopisch dorsoventral stabilisierten Gruppe 2 grösser. Postoperativ und zum Nachuntersuchungszeitpunkt wurden beide Grund-Deckplattenwinkel in Gruppe 2 mit höheren Werten vermessen.

Hinsichtlich der Scorergebnisse waren bei keinem der genutzten Fragebögen SF36, Hannover-Wirbelsäulen-Score, Beaujon, Prolo und Oswestry statistische Unterschiede erkennbar.

Im Literaturvergleich lassen sich die hier vorgestellten Daten mit den Resultaten der zugezogenen Autoren gut in Übereinstimmung bringen, die Ergebnisse unterscheiden sich nur in einzelnen Punkten und bestätigen die dort getroffenen Aussagen. Bemerkenswert ist einerseits eine höhere Komplikationsrate in beiden Gruppen der vorgestellten Arbeit als in der vergleichend herangezogenen Literatur, andererseits eine deutlich höhere Komplikationsrate

der thorakoskopisch versorgten Patienten gegenüber des mit PLIF-Technik operierten Kollektives.

Es lässt sich zeigen, dass die Methode einer Versorgung von Frakturen des thorakolumbalen Überganges bzw. der LWS mittels PLIF-Technik grundsätzlich einer thorakoskopischen dorsoventralen Fusion wenigstens ebenbürtig ist, sowohl hinsichtlich der subjektiven als auch der objektiven Parameter. Weitere Untersuchungen mit besserer statistischer Vergleichbarkeit sollten durchgeführt werden.

2. Zielstellung und Hypothese

Neben der konservativen Behandlung von Frakturen der Wirbelsäule hat sich die operative Versorgung als Therapieoption etabliert. Verschiedene Zugangswege, Operationsverfahren und einzubringende Materialien sind möglich (Kostuik 1984, Daniaux 1986, Kluger und Gerner 1986, Brantigan et al. 1991, von Gumpfenberg et al. 1991, Bagby und Kuslich 1994, Eysal et al. 1994, Wawro et al. 1994, McAfee et al. 1995, Bühren et al. 1997, Knop et al. 1999, Hax und Kortmann 2000, Madan und Boeree 2003, Rüedi und Murphy 2003). Die dorsale Stabilisierung ist als Standardverfahren anerkannt (Dick et al. 1985, Liljenquist und Mommsen 1994, Wawro et al. 1994, Krismer et al. 1997, Weckbach und Vogel 1997, Knop et al. 1999, Hax und Kortmann 2000, Ichli et al. 2001). Als weitere Möglichkeiten stehen unter anderem die alleinige ventrale Stabilisierung und die kombinierte dorsoventrale Stabilisierung zur Verfügung (Jaslow 1946, Kostuik 1984, Feil und Wörsdörfer 1992, Kozak et al. 1994, Mack et al. 1996, Madan und Boeree 2003). Offene und endoskopische Zugänge sind möglich und bieten sowohl Vor- als auch Nachteile (Iwahara 1963, Bühren et al. 1997, Kozak et al. 1994, McAfee et al. 1995, Mack et al. 1996, Regan und Guyer 1997, Kuslich et al. 1998, Freeman et al. 2000).

Ziel dieser Arbeit ist es, die zwischen 1999 und 2002 in der damaligen Universitätsklinik für Unfall- und Wiederherstellungschirurgie Halle/Wittenberg an den Berufsgenossenschaftlichen Kliniken Bergmannstrost Halle am häufigsten genutzten Operationsverfahren zur Stabilisierung von Wirbelfrakturen des thorakolumbalen Überganges zu vergleichen. Es wird das Verfahren der interkorporellen Fusion via dorsalem Zugang (**p**osterior **l**umbar **i**nterbody **f**usion, nachfolgend PLIF-Technik genannt) der thorakoskopisch gestützten ventralen Stabilisierung gegenüber gestellt. Das bekannte Konzept der PLIF-Technik bei degenerativen Erkrankungen der Wirbelsäule wurde in Zusammenarbeit zwischen den Kliniken für Neurochirurgie sowie Unfall- und Wiederherstellungschirurgie weiterentwickelt, um dieses Verfahren auch bei Frakturen anwenden zu können. Dabei soll das objektive, radiologisch messbare Ergebnis mit den subjektiven Erfahrungen der Patienten verglichen und gleichzeitig kontrolliert werden, ob eines der beiden untersuchten Operationsverfahren Vorteile hinsichtlich intra- und postoperativen Komplikationen und sozio-ökonomischen Aspekten bietet.

Aufgrund der bislang guten Ergebnisse und Erfahrungen mit der PLIF-Methode sowie den bekannten Risiken einer ventralen Stabilisierung, beispielsweise Verletzung von Gefäßen und prävertebral gelegenen Organen wie Niere oder Milz, werden die Gleichwertigkeit beider Operationsformen oder ein Vorteil der PLIF-Technik hinsichtlich der oben genannten

Komplikationen und äquivalente objektiv-radiologische bzw. subjektiv-persönliche Verhältnisse als Arbeitshypothese angenommen.

3. Einleitung

3.1. Aufbau der Wirbelsäule

Die Wirbelsäule ist das zentrale Stütz- und Bewegungssystem des menschlichen Körpers. Neben der Stütz- und Bewegungsfunktion übernimmt sie den Schutz für das im Wirbelkanal gelegene Rückenmark. Anatomisch-funktionell setzt sich das Organ Wirbelsäule aus mehreren Komponenten zusammen. Die knöchernen Wirbel mit Wirbelkörper, Wirbelbogen mit den kleinen Wirbelgelenken sowie den Dorn- und Querfortsätzen geben dem Organ seine Form und vor allem seine mechanische Festigkeit. Weitere wichtige Strukturen für Aufbau und Funktion sind Bandstrukturen und Bandscheiben für Fixierung, Pufferung und elastische Aufhängung der Wirbel untereinander sowie die ansetzenden Muskeln für die Bewegung der einzelnen Segmente (Sauerbruch 1911, Beisse et al. 2005, Schünke et al. 2005).

Als funktionelle Einheit und als Bewegungssegment werden nach Junghans jeweils zwei Wirbel mit der dazwischen liegenden Bandscheibe, den sie verbindenden Bändern und Muskeln sowie der austretenden Nervenwurzel gerechnet (Junghans 1966).

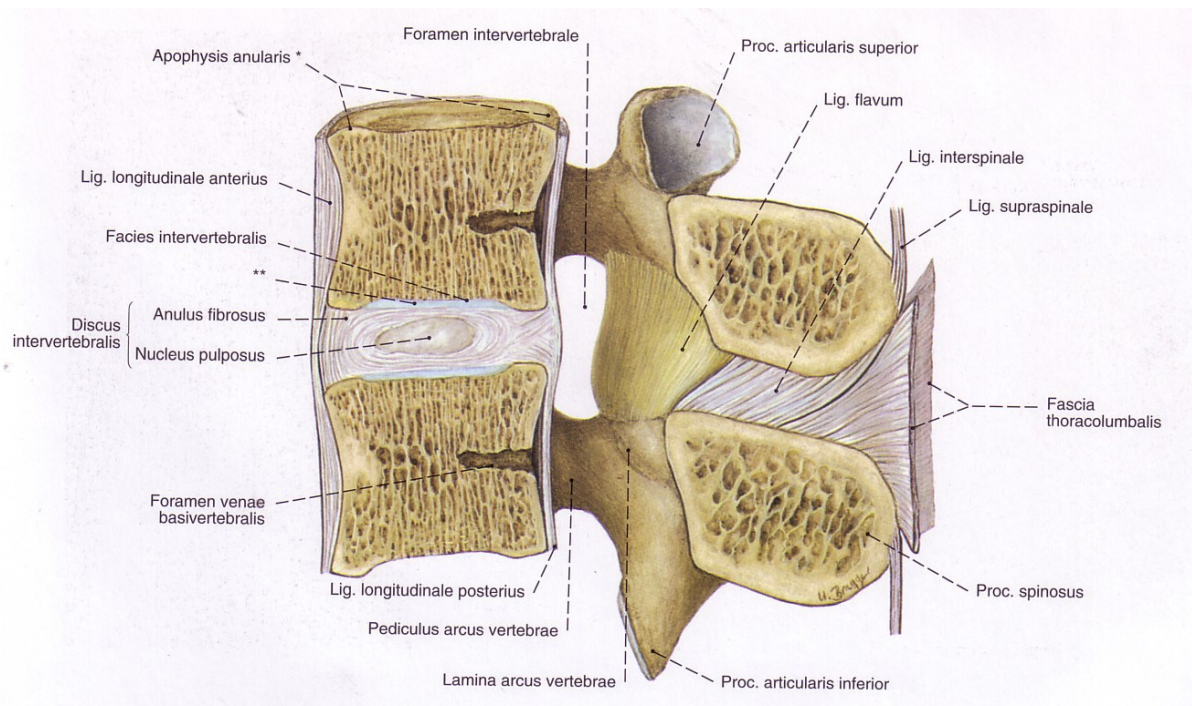


Abbildung 1: Darstellung eines Funktionssegmentes nach Junghans (Schünke et al. 2005)

Die Schädigung eines Segmentanteiles wird sich aufgrund des engen Zusammenspieles auch auf die anderen Anteile und damit auf die gesamte Funktion des Organes auswirken. (Oehmke 1986).

3.2. Pathomechanismen von Wirbelsäulen-Verletzungen

Zentraler Ansatzpunkt für die Auswahl der optimalen Therapie einer Wirbelfraktur ist die Diagnose einer Instabilität des entsprechenden Segmentes.

Nach Holdsworth, Kelly, Nicoll und Whitesides (Nicoll 1949, Holdsworth et al. 1953, Whitesides und Ali Shah 1976, Knop et al. 1997) werden eine ventrale und eine dorsale Säule unterschieden. Der ventrale Anteil umfasst den gesamten Wirbelkörper sowie die Bandscheibe, die Wirbelbögen einschließlich der ansetzenden Ligamente entsprechen der dorsalen Säule. Die Einführung einer mittleren Säule durch Denis und McAfee ließ eine detailliertere Unterscheidung in stabile und instabile Frakturen zu (Denis 1983, McAfee et al. 1983). Es sind die ventralen Bandstrukturen mit den vorderen 2/3 des Wirbelkörpers und der Bandscheibe als vordere Säule definiert, die mittlere Säule besteht aus dem hinteren Drittel des Wirbelkörpers samt Bandscheibe bis einschließlich der Bogenwurzeln und den im ventralen Rückenmarkkanal liegenden Bändern. Die übrigen Anteile der Wirbelbögen, die Dornfortsätze sowie die dorsalen Bänder umfassen die dritte Säule. Frakturen, die nur die vordere Säule betreffen, werden als stabil angesehen und konservativ behandelt, eine isolierte oder kombinierte Verletzung der mittleren Säule gilt nach McAfee und Roy-Camille als instabil und sollte operativ versorgt werden (Roy-Camille et al. 1976, Denis 1983, McAfee et al. 1983, Knop et al. 2005).

White und Panjabi (White und Panjabi 1990) definierten Instabilität über bestimmte biomechanische Parameter mit festen Punktwerten und gehen bei Punktschummen >5 von einer relevanten Instabilität aus.

Schädigung	Punkte
ventrale Elemente	2
dorsale Elemente	2
Rupturen costovertebral	1
radiologisch sagittale Dislokation >2,5mm	2
Radiologisch sagittale Angulation >5°	2
Läsion von Rückenmark bzw. Cauda equina	2
axiale Belastungsfähigkeit reduziert	1

Abbildung 2: Instabilitätskriterien nach White und Panjabi (White und Panjabi 1990)

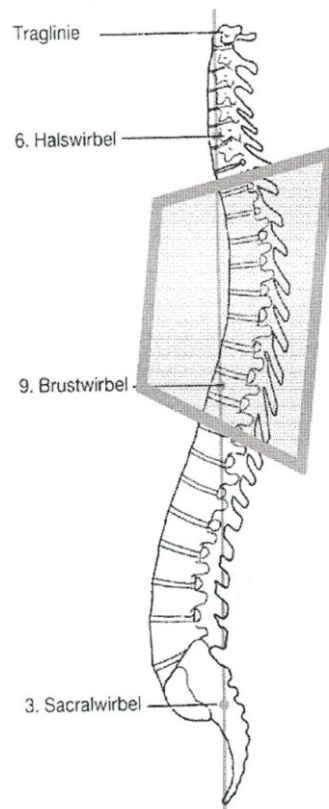
Des Weiteren ist eine Einteilung nach radiologischen Kriterien möglich, so gelten die nachstehenden Parameter als Hinweis auf eine Instabilität: Wirbelkörperkompression von $\geq 30\%$, segmentale Angulation $\geq 5^\circ$, segmentale Torsion $\geq 10^\circ$, segmentale Translation $\geq 2,5\text{mm}$, laterale Aufklappbarkeit $\geq 2\text{mm}$ bzw. Facettenüberlappung $< 50\%$ (Arand und Kinzl 2005).

Diese Modelle berücksichtigen jedoch nicht den zur Verletzung führenden Pathomechanismus, welcher heute als Ursache für einen spezifischen Frakturtyp mit daraus resultierender Definition der Stabilität angesehen (Magerl et al. 1994, Beisse et al. 2005).

Magerl, Aebi, Gertzbein, Harms und Nazarian veröffentlichten unter Beachtung der oben genannten Faktoren eine Einteilung (Magerl et al. 1994), welche auch durch die Übernahme durch die Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen (AO) die aktuell am häufigsten verwendete Frakturklassifikation bei Wirbelverletzungen darstellt (Rüedi und Murphy 2003) und in der vorliegenden Arbeit genutzt wird. Ausgehend von der 2-Säulen-Theorie sind 3 Pathomechanismen definiert: Kompression und/oder Distraction und/oder Rotation entlang der Längsachse der Segmente als einzeln oder kombiniert auftretende Krafteinwirkung. Bei Überschreitung der physiologischen Belastbarkeit entsteht eine strukturelle Schädigung von einzelnen oder allen Anteilen des Skelettabschnittes (Blauth 1992, Arand und Kinzl 2005) mit einem klar definierten Verletzungsmuster an den einzelnen Säulen (Mutschler und Haas 2004). Die axiale Widerstandsfähigkeit ist in Stellen mit hohem spongiösem Knochenanteil, beispielsweise der Mitte des Wirbelkörpers, am geringsten und in Strukturen mit hohem Kortikalisanteil am höchsten, vor allem Wirbelkörperhinterkante und Bogenwurzeln sind hier zu nennen (Arand und Kinzl 2005).

Hervorzuheben ist auch die Tatsache, dass die Tragachse bzw. der Schwerpunkt des Körpers ventral der Wirbelkörper der BWS, jedoch dorsal der Wirbelkörper der LWS liegt. Daher

wirkt bei einer Wirbelkörperfraktur das Körpergewicht im thorakalen Bereich stärker kyphosebegünstigend als bei Frakturen der LWS.



*Abbildung 3: Lage des Körperschwerpunktes zur Wirbelsäule
(modifiziert, aus: Bertolini 1995)*

3.3. AO - Klassifikation von Wirbelsäulen-Verletzungen

Aus den oben genannten 3 Pathomechanismen resultieren gemäß der Einteilung der AO 3 Arten von Wirbelkörperfrakturen (Magerl 1987, Magerl et al. 1994, Ruedi und Murphy 2003).

Zum Typ A zählen alle Stauchungsverletzungen mit rein axialer Kompression des Wirbelkörpers. Die weitere Unterteilung erfolgt anhand der Form des Wirbels. Es werden eine reine Grund- oder Deckplattenimpression A1, ein Bruch durch den gesamten Wirbel ohne Beteiligung der Hinterkante A2 sowie Berstungsbrüche mit mehreren Fragmenten mit Beteiligung der dorsalen Säule A3 beschrieben.

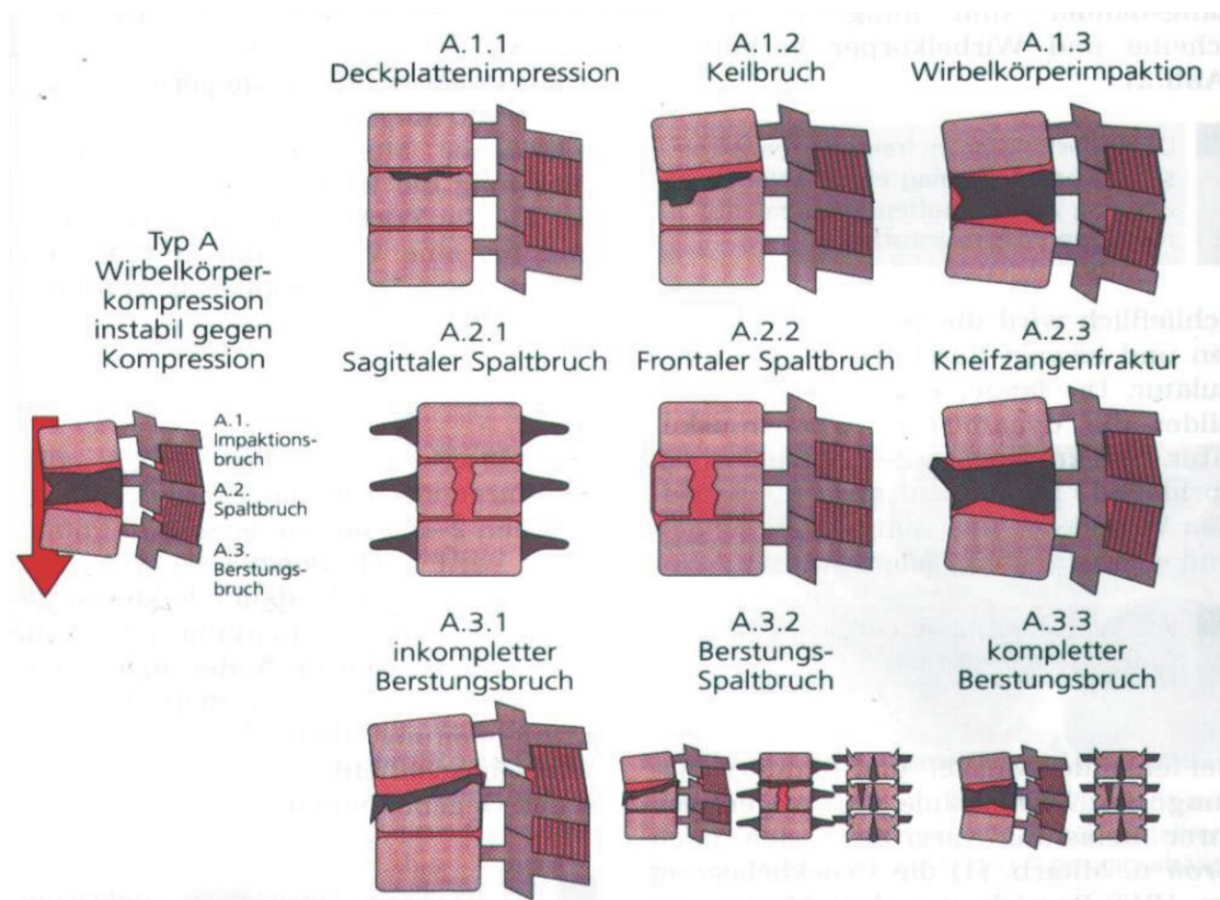


Abbildung 4: A-Frakturen (Mutschler und Haas 2004)

Der Typ B umfasst alle Frakturen mit Distraktion eines Bewegungssegmentes und Zerreißung des Wirbelkörpers oder der zugehörigen Weichteilstrukturen. B1-Frakturen zeigen eine Zerreißung des dorsalen Bandapparates und Beteiligung der Wirbelkörper unter Erhalt der Facettengelenke, die B2-Frakturen eine Beteiligung der Facettengelenke bei dorsalen Bandrupturen und Wirbelkörperbeteiligung und B3-Frakturen komplette Bandrupturen ohne Beteiligung der Wirbelkörper.

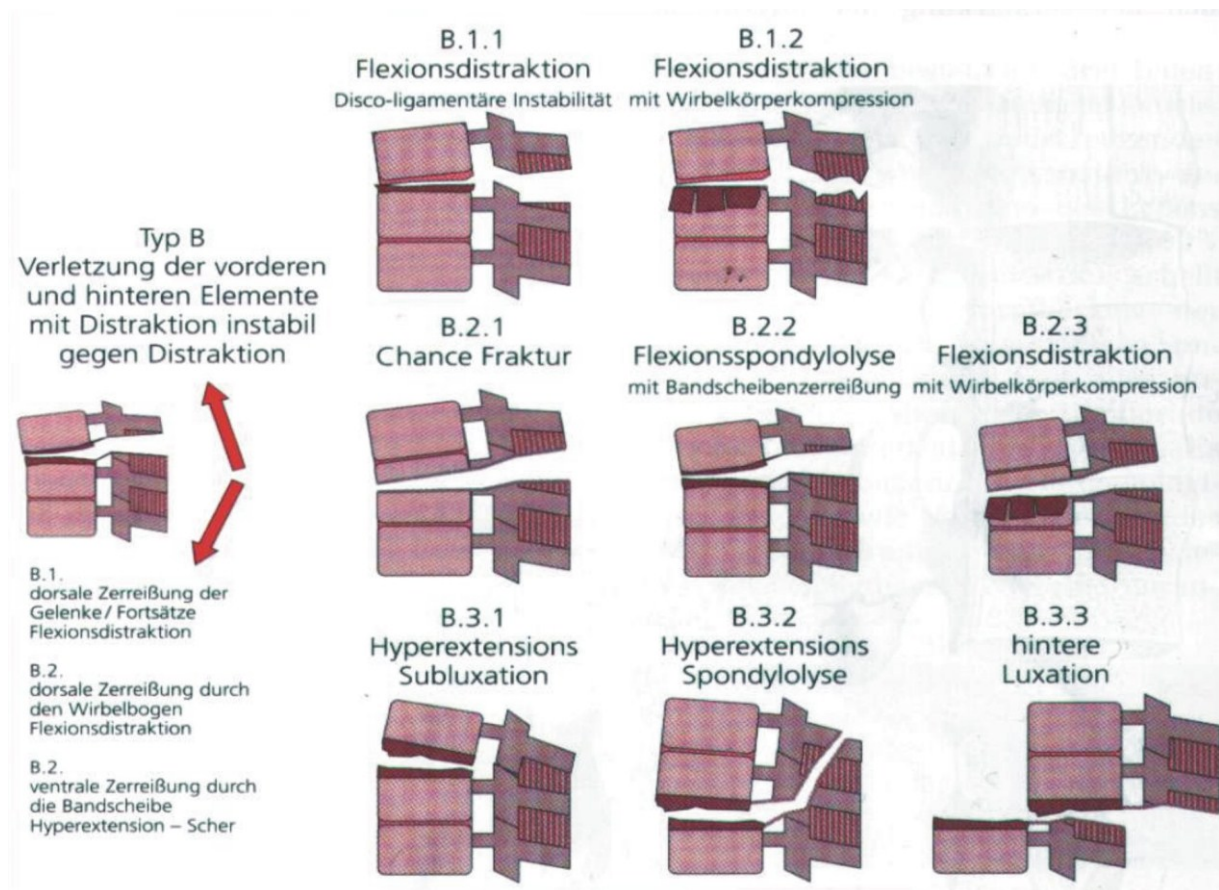


Abbildung 5: B-Frakturen (Mutschler und Haas 2004)

Der Typ C beschreibt die durch Rotationstrauma entstandenen Frakturen. C1-Frakturen sind Kompressionsfrakturen mit zusätzlicher Zerreißung aller Bandstrukturen, der Typ C2 beschreibt Distraktionsverletzungen mit Achsversatz und C3-Frakturen zeigen einen über den beim B-Typ bestehenden Versatz in der Längsachse.

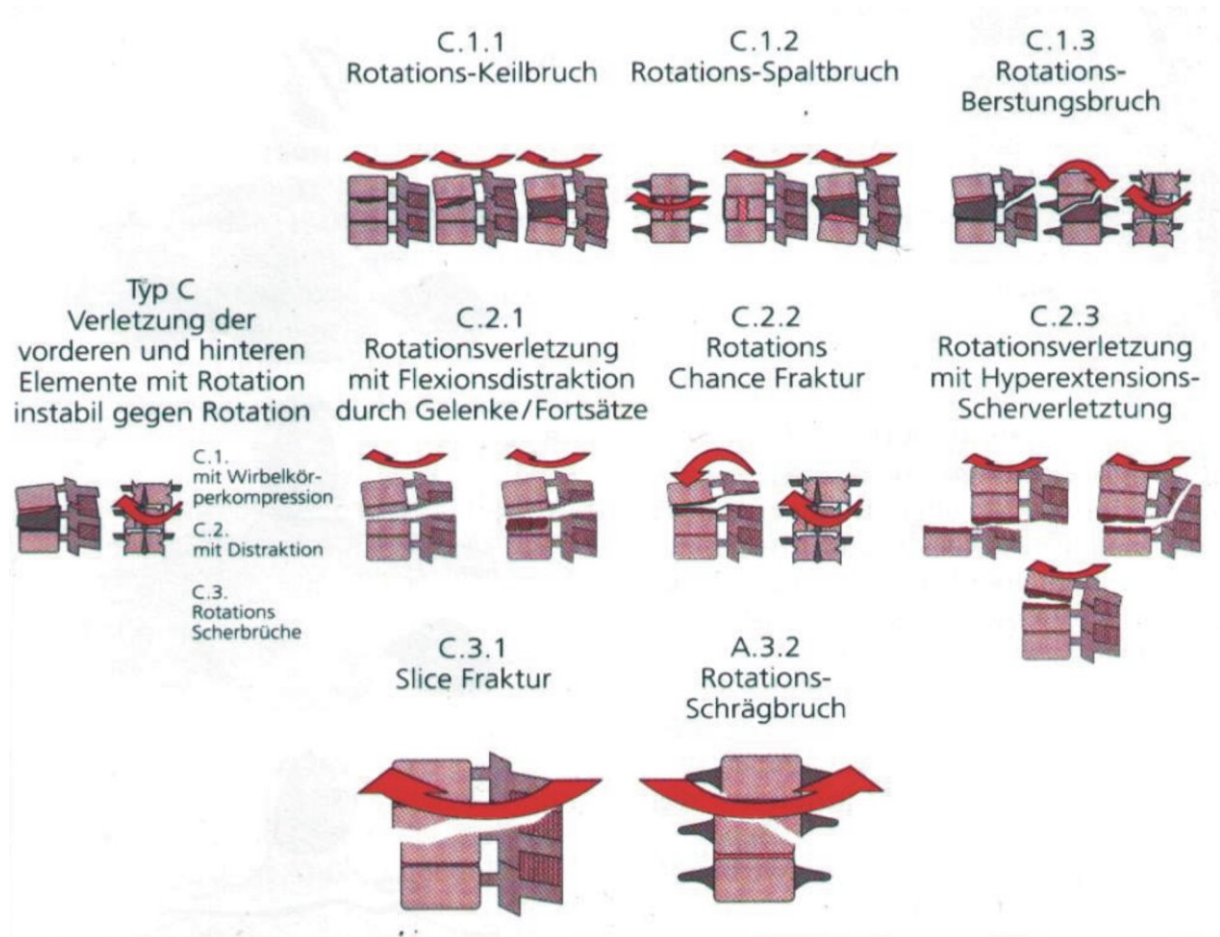


Abbildung 6: C-Frakturen (Mutschler und Haas 2004)

3.4. Frankel-/ASIA-Klassifikation von neurologischen Defiziten

Neben der Verletzung von ossären und ligamentären Strukturen ist auch die Beeinträchtigung der neurologischen Funktion von Bedeutung, da bei tatsächlichen oder möglichen neurologischen Defiziten die zwingende Indikation zur Operation besteht (Bohlmann 1985). In der Literatur und klinisch hat sich die Einteilung der neurologischen Einschränkungen nach Frankel bzw. nach der ASIA-Klassifikation bewährt (Dick et al. 1985, Daniaux 1986, ASIA Classification 1992, Mc Donnell et al. 1996, Knop et al. 1999), in der 5 Schweregrade unterschieden werden (Frankel et al. 1969):

Grad der Schädigung	Kennzeichen
A	keinerlei sensible und motorische Funktion unterhalb der verletzten Höhe
B	teilweiser oder kompletter Erhalt der Sensibilität bei vollständigem Verlust der motorischen Funktion
C	Vorhandene motorische Aktivität ohne mechanische Funktion
D	Teilweise motorische Funktion mit Einschränkungen
E	Keinerlei motorische oder sensible Einschränkungen

3.5. Diagnostik

3.5.1. Klinisch

Der erste klinische Hinweis auf eine Verletzung der Wirbelsäule ist ein eigen- oder fremdanamnestisch eruierbares Unfallereignis mit möglicher direkter oder indirekter Krafteinwirkung auf die Wirbelsäule.

Weiterhin sind die vom Verletzten angegebenen Beschwerden wichtig, etwa Schmerzen im Rücken oder neurologische Beeinträchtigungen. Bei polytraumatisierten oder nicht ansprechbaren Patienten ist, ein relevantes Ereignis vorausgesetzt, bis zum Beweis des Gegenteils von einer Verletzung der Wirbelsäule auszugehen.

Außerdem können äußerlich feststellbare Formveränderung wie Achsabweichungen einzelner Abschnitte, Stufenbildung, eine unphysiologische Gesamterscheinung sowie Verletzungen der unmittelbar benachbarten Weichteile wegweisend für das Aufdecken einer Schädigung der Wirbelsäule sein.

3.5.2. Radiologisch

Die Feststellung von Wirbelsäulenverletzungen erfolgt primär durch konventionelle Röntgenaufnahmen im antero-posterioren sowie seitlichen Strahlengang. Anhand dieser Aufnahmen kann eine knöcherne Verletzung dargestellt werden, es kann eine genaue Höhenlokalisation und eine grobe Beurteilung der Schwere erfolgen (Beck 1971, Nash et al. 1977, Knöriger 1985).

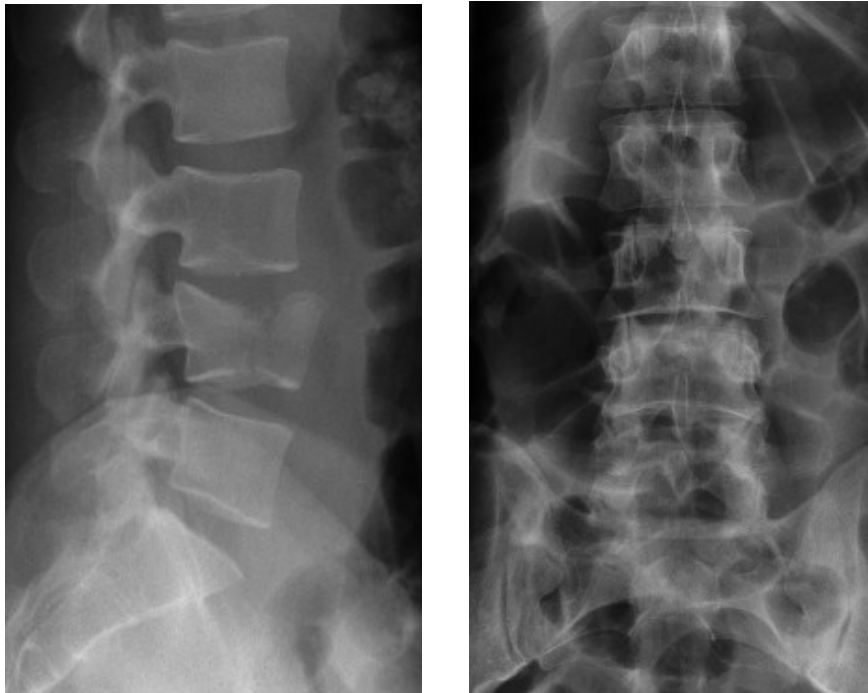


Abbildung 7: konventionell-radiologische Darstellung einer LWK 4-Fraktur vom Typ A 2.2

Die zweite Stufe der Diagnostik stellt die Darstellung der Fraktur mittels CT dar. Mit dieser Technik lässt sich wesentlich detaillierter das Schädigungsmuster im Wirbel selbst darstellen, beispielsweise die genaue Frakturform des Wirbelkörpers oder eine Einengung des Spinalkanals durch Hinterkantenfragmente. Bei polytraumatisierten Verletzten kann parallel dazu diese Untersuchung zur Darstellung von möglichen Begleitverletzungen im Thorax und Abdomen genutzt werden, was im Einzelfalle über den zeitlichen Ablauf der Behandlung entscheiden kann (Carrara et al. 1980, McAfee et al. 1983).

Für eine direkte Beurteilung der Weichteilstrukturen kann eine MRT-Untersuchung erfolgen. In der Primärdiagnostik ist dieses Verfahren aufgrund eines hohen zeitlichen und apparativen Aufwandes nicht indiziert.

Eine weitere mögliche Untersuchungsmethode ist die Myelografie, welche durch die heute erreichte Qualität der CT-Darstellung allenfalls noch intraoperativ zur Kontrolle des Repositionsergebnisses zur Anwendung kommt (Knöriger 1985).

3.6. Therapie

3.6.1. Entwicklung

3.6.1.1. Dorsaler Zugang und Stabilisierung

Bis Mitte des 20. Jahrhunderts vollzog sich die Entwicklung der operativen Therapie für degenerative, traumatische und infektiöse Veränderungen der Wirbelsäule gemeinsam. Anfänglich wurden kaum nachprüfbare Einzelfälle publiziert mit hohem Infektionsrisiko und schlechten Ergebnissen mit hoher Mortalität, beispielsweise von Tyrell 1827 (Alberstone und Benzel 2001). Ab 1910 veröffentlichten mehrere Autoren erste Erfahrungen mit der Entfernung des gesamten Wirbelbogen bzw. eines Teils davon: Taylor 1910, Elsberg 1916. Zeitgleich wurden erste Versuche mit unterschiedlichen Ergebnissen zur dorsalen Fusion mit Bändern und Schrauben unternommen: Hadra 1891, Venable 1937, King 1948 (Alberstone und Benzel 2001). Später wurden zur Stabilisierung auch Platten, Schrauben und Spongiosa verwendet, ohne dass die Ergebnisse zufrieden stellend waren (Cloward 1953, Holdsworth und Hardy 1953, Kelly und Whitesides 1968, Roy-Camille und Demeulenaere 1970, Roy-Camille et al. 1976, McAfee et al. 1995, Weckbach und Vogel 1997, Ichli et al. 2001). 1962 veröffentlichte Harrington seine Methode mittels eines Gestänges aus Schrauben, Haken und Stangen (Harrington 1962). Ein entscheidender Schritt erfolgte 1976 mit der Entdeckung der Pedikel als Zugang zur ventralen Säule und als Ort einer stabilen Verankerung von Schrauben durch Roy-Camille (Roy-Camille et al. 1976). Die biomechanischen Schwächen der Stabilisierung nach Harrington und anderen, vor allem die notwendige langstreckige Montage mit einem Bewegungsverlust vieler intakter Segmente wurden nach einem Zwischenschritt, der Nutzung des externen Wirbelsäulenfixateurs (Kluger und Gerner 1986) durch die Entwicklung des Fixateur interne durch Dick und Kluger überwunden (Dick 1984, Dick et al. 1985). Dieses System setzte sich in Europa als Standard der dorsalen Stabilisierung durch (Lasalle et al. 1988, Wawro et al. 1994, Knop et al. 1999-2001, Briem et al. 2003).

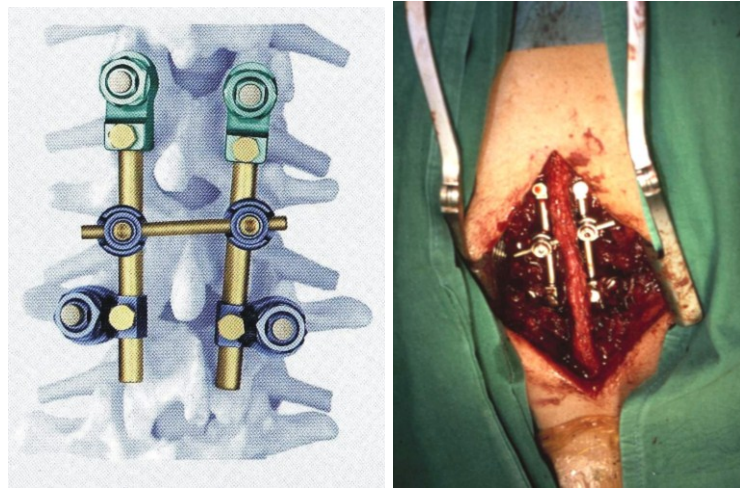


Abbildung 8: Fixateur interne, Schemadarstellung von dorsal (links), intraoperatives Bild (rechts) (Fa. Synthes)

3.6.1.2. Ventraler Zugang

Angesichts der schlechten Ergebnisse bei einem dorsalen Zugang zur Wirbelsäule wurden alternative Wege geprüft. 1894 gab Ménard eine Arbeit heraus, in der er eine Costotransversektomie als Zugang zur Wirbelsäule bei „Pott's disease“ (Wirbelsäulendeformierung mit neurologischen Defiziten durch paraspinale Abszesse, z.B. bei Tuberkulose) diskutierte (Alberstone und Benzel 2001). Ferdinand Sauerbruch beschrieb 1911 eine Eröffnung des Thoraxraumes über einen ähnlichen Zugang unter Nutzung eines apparativ erzeugten „Druckdifferenzverfahrens“ zur „Vermeidung eines Lungenkollapses“ (Sauerbruch 1911). 1925 veröffentlichte Ito seine Arbeit über einen extraperitonealen Zugang und 1935 stellten Capener und Seddon eine Modifikation der Idee von Ménard als Rhachotomie vor (Alberstone und Benzel 2001). Das wesentliche Problem eines vorderen Zuganges waren neben der Infektionsgefahr insbesondere die Druckverhältnisse im Thoraxraum, die sich erst durch die Forschungen von Sauerbruch ab 1903 zur maschinellen Entwicklung eines Unterdruckes im Thoraxraum (Sauerbruch 1911), die Einführung der endotrachealen Intubation mittels Tubus durch Dwyer und Kuhn (Brandt 1997) und die Verbesserung der entsprechenden Apparate nach 1930 beherrschen ließen. 1956 wurde durch Hodgson und Stock ein anteriorer Zugang zur Wirbelsäule durch eine Thorakotomie publiziert (Alberstone und Benzel 2001). Infolge weiterer Verfeinerungen existieren heute verschiedene ventrale Zugangswege zur Wirbelsäule (Lane und Moore 1948, Iwahara 1963, Benzel 1995, Beisse et al. 2005).

Die herkömmlichen offenen Verfahren waren trotz aller Fortschritte mit einer erheblichen Zugangsmorbidität verbunden (Anetzberger et al. 1997, Bühren et al. 1997). Nachdem bereits 1910 erste Versuche mit einem Zystoskop zur Bildübertragung aus dem Brustraum erfolgten (Bühren et al. 1997), veröffentlichten seit 1992 u.a. Mack und Regan erste Ergebnisse von videogestützter Thorakoskopie für Erkrankungen der Wirbelsäule (Mack et al. 1992, Mack et al. 1993, Regan et al. 1995, Regan und Guyer 1997, Regan et al. 1999). Aufgrund der guten Ergebnisse und geringer Komplikationsrate setzt sich die Schlüssellochtechnik auch bei der Behandlung von Wirbelverletzungen zunehmend durch (Bühren et al. 1997, Beisse et al. 2001).

3.6.1.3. Ventrale Stabilisierung

1911 wurde durch Albee und Hibbs die Versteifung von Segmenten mit Spongiosa aus dem Dornfortsatz beschrieben, welche von dorsal an die Wirbelsäule angelagert wurde (Hibbs und Albee 1911). 1948 veröffentlichte Jaslow seine Idee zur Einbringung eines Knochenspanes von dorsal in den Bandscheibenraum unter leichtem Weghalten der Spinalnerven nach einer (Hemi-)Laminektomie (Jaslow 1946). Der Knochenspan sollte aus dem Os sacrum entnommen werden (Hax und Kortmann 2000). Cloward empfahl 1952 die Entnahme von Knochenspänen aus dem dorsalen Os ilium (Cloward 1953), wobei sowohl im ventralen als auch im dorsalen Anteil dieses Knochens problemlos Beckenkammspäne entnommen werden können (Friedrich et al. 1987), beide Entnahmeorte stellen bis heute den Standard bei der Gewinnung von Knochenspänen dar (Whitesides und Ali Shah 1976, Friedrich et al. 1987, von Gumpfenberg et al. 1991, Feil und Wörsdörfer 1992, Bühren et al. 1997, Briem et al. 2003). Parallel dazu wurden verschiedene Metallimplantate entwickelt, beispielsweise eine Kombination von Schrauben, Platten und Kabel von Dwyer (Dwyer und Shafer 1974), das Harrington-Kostuik-Instrumentarium (Kostuik 1984) oder spezielle Osteosyntheseplatten (Beisse et al. 2005). Traditionell wurden diese Materialien direkt in den betroffenen Wirbelkörper eingebracht. Da das aus Metall bzw. harter Kortikalis bestehende eingebrachte Material oft im weicheren Knochen einbrach oder nicht einheilte (Hax und Kortmann 2000, Briem et al. 2003), gewann das Konzept der 'Interbody fusion', d.h. der Versteifung eines Wirbelsegmentes durch Entfernung der Bandscheibe und Einbringung des entsprechenden Implantates zwischen die Wirbelkörper, neue Bedeutung (Steffee und Sitkowski 1988, Ferrara und Benzel 2001, Oliver et al. 2001). Unterschieden werden ein ventraler und ein dorsaler

Zugang mit entsprechender Bezeichnung der Implantate als ALIF und PLIF (Kozak et al. 1994, Regan et al. 1999, Ferrara und Benzel 2001, Oliver et al. 2001, Madan und Boeree 2003). Die Verwendung von Cages als Platzhalter wurde ab 1987 als offene Variante von Kuslich und Bagby eingeführt (Bagby und Kuslich 1994, Kuslich et al. 1998) und im Verlauf laparoskopisch weiterentwickelt (Regan et al. 1995, Ray 1997, Regan et al. 1999). Diese Methode bietet die Möglichkeit, ein Metall- oder Kunststoffkörbchen mit Spongiosa zu füllen. Durch die Struktur der Cageoberfläche wird eine stabile Verankerung im Knochen erreicht, zusätzlich kann durch den Umbau und die Verfestigung der Spongiosa eine stabile und belastungsfähige ventrale Spondylodese erzielt werden (Brantigan et al. 1991, Bagby und Kuslich 1994, Freeman et al. 2000, Mulholland 2000, Ferrara und Benzel 2001, Madan und Boeree 2003).



Abbildung 9: Funktionsweise eines PLIF-Spreizcages: geschlossen vor der Einbringung (links), nach Aufspreizen und Blockierung (rechts) (Fa. Synthes)

3.6.2. Warum kombiniert operieren?

Die Entwicklung verschiedener Zugangswege zur Wirbelsäule und die Möglichkeit, unterschiedliche Materialien und Konstruktionen zu implantieren, warf die Frage auf, mit welcher Methode die Zugangs- und Operationskomplikationen minimiert werden können unter Berücksichtigung der patientenspezifischen Voraussetzungen (Kluger und Gerner 1986, Hax und Kortmann 2000, Katscher et al. 2003). Langzeituntersuchungen nach alleiniger dorsaler Stabilisierung zeigten eine langfristige Verschlechterung des Operationsergebnisses mit einem erneuten Höhenverlust des verletzten Segmentes (Liljenquist und Mommsen 1994, Knop et al. 1997, Ichli et al. 2001, Katscher et al. 2003). Durch klinische, biomechanische

und radiologische Untersuchungen konnte schließlich die Mitverletzung der Bandscheibe als bestimmender Faktor für die Wahl der Operationsmethode dargestellt werden (Eysal et al. 1994, Liljenquist und Mommsen 1994). Durch eine dorsale Instrumentierung wird der verletzte Wirbel in seine ursprüngliche Form gebracht und diese fixiert, eventuell bestehende Verletzungen der Bänder und vor allem der Bandscheibe bleiben auf diese Weise unbehandelt. Postuliert wird, dass die Bandscheibe entweder bereits beim Unfall oder posttraumatisch geschädigt wird, degeneriert und es zur Fehlform des Wirbelsegmentes mit möglichen klinischen Beschwerden kommt (Eysal et al. 1994, Liljenquist und Mommsen 1994, Knop et al. 1997). Die kombinierte dorsoventrale Stabilisierung wird als Möglichkeit zur Verhinderung dieser Spätfolgen angesehen, indem die dorsale Stabilisierung mit einem Fixateur interne zur Behandlung der knöchernen Verletzung und die ventrale Stabilisierung mit Ausräumung und Auffüllung des Bandscheibenraumes als Ersatz der verletzten Bandscheibe vorgenommen wird (Feil und Wörsdörfer 1992, Bohlmann 1997, Krismer et al. 1997, Hax und Kortmann 2000). In der vorliegenden Untersuchung wurden alle Patienten primär mit einem bisegmentalen Fixateur interne versorgt, hierbei erfolgte die Wiederaufrichtung des Wirbelkörpers durch Distraction via Hebelwirkung über die Pedikelschrauben. In einem zweiten Schritt wurde bei einem Teil der Patienten entsprechend der PLIF-Methode die geschädigte Bandscheibe entfernt und nach Einbringen eines Platzhalters eine Kompression auf den ehemaligen Bandscheibenraum zur Fixierung des Platzhalters und Verfestigung der knöchernen Strukturen ausgeübt, gleichzeitig der Fixateur interne auf eine monosegmentale Instrumentierung verkürzt. Bei der thorakoskopisch assistierten dorsoventralen Versorgung des anderen Patientenanteiles wurde die Ausräumung des verletzten Bandscheibenraumes und des verletzten Wirbelkörpers sowie das Einbringen eines Cages bzw. Beckenkammspanes mittels Schlüssellochtechnik von der linken Seite aus vorgenommen, hier verblieb die primäre bisegmentale Spondylodese dorsal.

4. Methodik

4.1. Auswahl der Patienten und Klinikstrukturen

Es wurden Patienten untersucht, die in den Jahren 1999 bis 2002 in der Universitätsklinik für Unfall- und Wiederherstellungschirurgie an den Berufsgenossenschaftlichen Kliniken Bergmannstrost Halle mit einem der oben genannten Verfahren an der Wirbelsäule operiert wurden, nachdem sie sich bei einem Unfall eine Fraktur eines Wirbelkörpers der unteren

Brust- oder der oberen Lendenwirbelsäule zugezogen hatten. Da am Haus zusätzlich ein Zentrum für Rückenmarkverletzte besteht, welches der Klinik für Orthopädie zugeordnet ist und Patienten mit primären neurologischen Ausfällen behandelt, finden sich im Patientenkollektiv keine schweren neurologischen Defizite. Nach Komplettierung der Primärdiagnostik, bestehend aus klinischer Untersuchung und Feststellung des Frakturtyps mittels konventioneller Röntgendiagnostik und Computertomografie, erfolgte die Entscheidung zum entsprechenden Operationsschema.

Bei einigen Patienten wurde zunächst ein konservativer Behandlungsansatz gewählt und bei röntgenologisch dokumentierter Verschlechterung des Lokalbefundes sekundär auf eine operative Therapie gewechselt.

4.2. Behandlungsverlauf

4.2.1. Stationäre Akutbehandlung

Die Patienten wurden im flach gestellten Bett immobilisiert, die Thromboseprophylaxe erfolgte mit Kompressionsstrümpfen und regelmäßiger Gabe eines niedermolekularen Heparinderivates. Die präoperative Diagnostik umfasste neben der chirurgischen und anästhesiologischen Aufklärung und wiederholten neurologischen Kontrollen routinemäßig eine Kontrolle der Laborparameter, ein Ruhe-EKG sowie vor thorakoskopischen Operationen die Anfertigung einer Lungenfunktionsmessung. Die Operation selbst wurde als frühelektiver Eingriff durchgeführt. Unmittelbar präoperativ erfolgte die Gabe eines Antibiotikum. Der Patient wurde ab dem ersten postoperativen Tag unter physiotherapeutischer Betreuung mobilisiert, um die medizinischen Risiken bei längerer Bettruhe zu minimieren. Nach Mobilisierung bis zur Bettkante begann spätestens am dritten postoperativen Tag die Gangschule. Die Drainagen wurden am zweiten postoperativen Tag entfernt, bei anhaltender Sekretion von über 50 ml pro Tag maximal 2 Tage länger. Die Schmerztherapie richtete sich nach den individuellen Bedürfnissen und hatte eine weitgehende Schmerzfreiheit unter der Mobilisierung als Ziel. Die postoperativ gelegentlich auftretenden Funktionsstörungen des Darmes wurden mit motilitätsfördernden Medikamenten behandelt. Eine Ulcusprophylaxe erfolgte bei entsprechender Disposition, z.B. bei Mehrfachverletzungen oder anamnestischer Disposition mit Protonenpumpenhemmern oder alternativ mit H₂-Blockern. Nach thorakoskopischen Operationen erhielten die Patienten zur Pneumonieprophylaxe nach Entfernung der Thoraxdrainagen ein Triflowgerät. Das Entfernen des Naht- oder

Klammermaterialies wurde in der Regel am 8. und 10. postoperativen Tag vorgenommen und anschließend die akutstationäre Behandlung beendet. Angeschlossen wurde entweder eine stationäre Rehabilitation, vor allem nach den Zweitoperationen, alternativ auch auf ambulanter Basis in der Zuständigkeit eines niedergelassenen Chirurgen bzw. Durchgangsarztes bei Arbeitsunfällen. Nach Möglichkeit erfolgte eine klinische und radiologische Kontrolle des Operationsergebnisses nach 6 Wochen in der Ambulanz der Klinik für Unfallchirurgie.

Nach thorakoskopischen Operationen wurde zusätzlich zu dem oben beschriebenen Procedere Röntgenkontrollen des Thorax zum Ausschluss eines Pneumothorax oder Ventilationsstörungen angefertigt: am ersten postoperativen Tag, nach 24-stündigem Abklemmen der Thoraxdrainagen am 3. postoperativen Tag und vor Austritt.

4.2.2. Wahl des Operationsverfahrens und des Zeitpunktes

Nach Indikationsstellung zur operativen Therapie erfolgte die Primäroperation mit der Wiederaufrichtung und Stabilisierung des verletzten Wirbelkörpers von dorsal mittels Fixateur interne. Postoperativ erfolgte innerhalb von 48 Stunden durch konventionelles Röntgen und Computertomografie die Lagekontrolle des eingebrachten Osteosynthesematerialies. Bei Hinweisen für eine Beteiligung der Bandscheibe, entweder im CT oder MRT durch Darstellung von Hohlräumen in der Bandscheibe (Vacuumphänomen), intraoperativer Bestätigung oder im Verlauf durch klinische Beschwerdepersistenz bzw. radiologisch sichtbare Instabilität wurde den Patienten eine Zweitoperation empfohlen. Der Zeitpunkt des Sekundäreingriffes erfolgte variabel, entweder bereits nach Abschluss der Wundheilung der Erstoperation, oder bei weniger relevanter Schädigung von Bandscheibe und Wirbelkörper bei anhaltenden Beschwerden im weiteren Verlauf. Diese Möglichkeit wurde besonders bei Patienten genutzt, bei denen aufgrund des Lokalbefundes eine relative Indikation zur zusätzlichen Stabilisierung bestand. Die Auswahl des jeweiligen Verfahrens richtete sich nach der ursprünglich verletzten Höhe und der Verletzung insbesondere des Wirbelkörpers. Um eine intraoperative Verletzung des bei Erwachsenen bis auf Höhe LWK 1-2 reichenden Rückenmarks zu minimieren, wurden Verletzungen bis zur Höhe LWK1 bevorzugt ventral thorakoskopisch versorgt. Unterhalb LWK1 wird dieses Verfahren technisch aufwändiger bzw. undurchführbar. Am thorakolumbalen Übergang war für die Wahl des Verfahrens auch die Schwere der Wirbelkörperschädigung maßgeblich. Bei

hauptsächlich betroffener Bandscheibe und weitgehend intaktem Wirbel wurde die PLIF-Methode bevorzugt, hingegen bei relevanter Mitbeteiligung auch des Wirbelkörpers die dorsoventrale Versorgungsmöglichkeit gewählt.

4.3. Operationen

4.3.1. Primäroperation

Der Patient wird nach Anästhesie in Bauchlage derart gelagert, dass die physiologische Lordose der LWS und damit verbunden eine grobe Aufrichtung und Reposition des frakturierten Wirbelkörpers erreicht wird. Das Ergebnis wird im Bildwandler überprüft. Nun erfolgt nach Mittellinienschnitt und Ablösen der Rückenmuskulatur die Darstellung der dorsalen Wirbelstrukturen im Bereich der Verletzung und der angrenzenden Segmente. Bei Bedarf wird eine Fensterung zwischen den dorsolateralen Wirbelbögen durchgeführt. Anschließend werden im Bereich der dem verletzten Wirbel benachbarten Bogenwurzeln Pedikelschrauben eingebracht und die Lage der Schrauben im Pedikel durch Bildwandlerkontrolle in 2 Ebenen kontrolliert. Bei noch ungenügender Frakturposition kann mittels Hebelwirkung an den noch ungekürzten Pedikelschrauben fast immer ein gutes Repositionsergebnis erreicht werden.

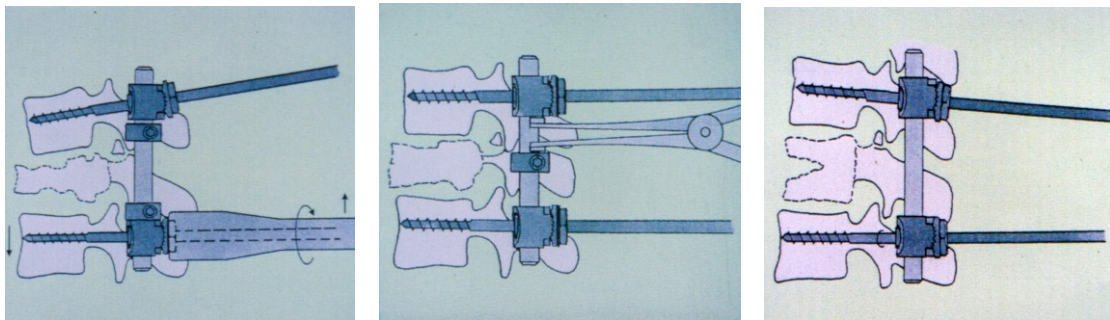


Abbildung 10: Schema der Wiederaufrichtung des Wirbelkörpers durch Hebelwirkung an den Pedikelschrauben

Nach Kürzen der Schrauben werden die Längsstäbe des Fixateurs angesetzt, befestigt und damit die erreichte Reposition fixiert. Bei Verdacht auf eine Rotationskomponente (C-Verletzung) sollte zusätzlich eine Querstrebe beide Längsträger verbinden. Wenn erforderlich wird die Hinterwand des frakturierten Wirbelkörpers nach Eröffnung des Spinalkanals mit einem Stößel nach ventral in die Normalposition zurückverlagert unter vorsichtigem Beseithalten des Duralsackes mit einem Häkchen. Danach wird das Operationsgebiet

schichtweise unter Einlage von Redondrainagen verschlossen. Zuletzt wird nach erfolgter Hautnaht ein Verband angelegt und der Patient wieder in Rückenlage gebracht.

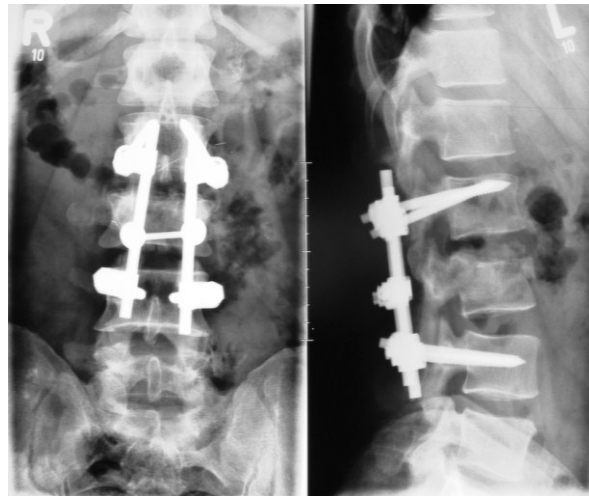


Abbildung 11: bisegmentaler Fixateur interne mit Querstrebe bei LWK 3-Fraktur

4.3.2. Sekundäroperation in PLIF-Technik

Der Patient wird nach Anästhesie in Bauchlage gebracht. Unter Nutzung der Narbe als Leitstruktur werden das betroffene Wirbelsegment und die benachbarten Wirbel dargestellt. Die Längs- und Querstreben des Fixateur interne werden, soweit notwendig abgebaut. Der Durasack wird bei Bedarf mit einem Häkchen leicht nach rechts bzw. links weggehalten, da die weitere Operation an den Spinalnerven vorbei stattfindet. Der Zwischenwirbelraum kranial des verletzten Wirbel wird aufgesucht, der Anulus fibrosus inzidiert und die gesamte Bandscheibe mit einer Faszange entfernt. Die Grund- und Deckplatte werden mit der Kürette entkorpelt. Die Cages werden mittels Haltevorrichtung eingebracht und entweder durch Aufspreizen oder Anlage einer Kompression auf das Bewegungssegment durch Hebelwirkung an den neu eingebrachten Pedikelschrauben gegen Dislokation gesichert. Dabei kann in der Regel ein Rückbau des ursprünglich bisegmental angelegten Fixateurs auf eine monosegmentale Montage erfolgen. Bedarfsweise wird autologe Spongiosa in den Cage oder den ausgeräumten Bandscheibenraum eingebracht. Diese wird durch eine Entnahme am Beckenkamm gewonnen. Nach Anlage eines Knochendeckels am Os ilium entnimmt der Operateur mit dem scharfen Löffel Spongiosa, danach wird der Knochen nach Einbringung eines Hämostyptikum mit dem Knochendeckel wieder verschlossen und die Wunde schichtweise vernäht. Der Fixateur interne wird durch Anlage von Längs- und ggf. Querstreben komplettiert. Das Operationsgebiet wird unter Drainageneinlage schichtweise

verschlossen. Nach Verschluss der Haut wird ein Verband angelegt und der Patient wieder auf den Rücken gedreht.

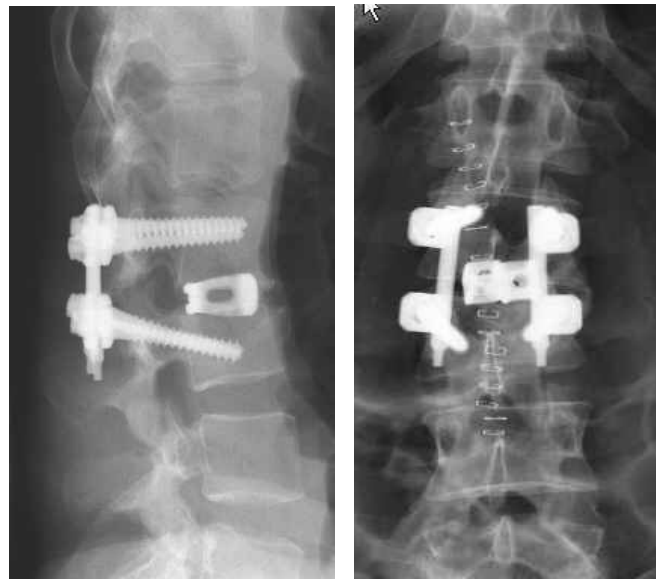


Abbildung 12: postoperatives Röntgenbild nach Cageeinbringung in PLIF-Technik sowie monosegmentalem Fixateur interne bei LWK 3-Fraktur

4.3.3. Sekundäroperation transthorakal thorakoskopisch

Der Patient wird nach Intubation mit einem Doppellumentubus in Rechtsseitenlagerung mit entsprechender Abstützvorrichtung gebracht. Der linke Lungenflügel kann damit während der Operation von der Beatmung ausgenommen werden. Danach erfolgt das Einstellen des Verletzungsgebietes mit dem Bildwandler sowie das Anzeichnen des Verlaufes der Wirbelsäule. Anschließend werden die Portalzugänge markiert, direkt über dem verletzten Wirbelkörper als Arbeitsportal, davon 2 ICR nach kranial für die Optik sowie handbreit nach ventral für den Retraktor und das Saug- und Spülsystem. Zuerst wird der Zugang für die Optik angelegt, die Optik eingeführt und der Operationssitus eingestellt. Unter visueller Kontrolle werden nun die übrigen Portale angelegt. Danach erfolgt mit dem Ultraschallmesser das Freilegen des verletzten Segmentes nach Durchtrennung der Pleura parietalis, abhängig von der Verletzungshöhe auch ein Zwerchfellsplitting. Die Wirbelkörper der angrenzenden Segmente werden durch Einbringen eines Kirschnerdrahtes in das dorsale Drittel des Wirbelkörpers markiert. Damit sind die Zielpunkte festgelegt und es erfolgt die weitgehende Entfernung des Wirbelkörpers sowie die komplette Entfernung der beiden angrenzenden Bandscheiben. Das Bett zur Aufnahme des Spanes bzw. des Cages wird in zunehmender

Größe ausgearbeitet. Nun wird die Bestimmung der Ausmaße des Spanbettes mit dem Messgerät vorgenommen. Span oder Cage werden mittels einer Spreizzange eingebracht, in das vorbereitete Bett fest eingesetzt und Spongiosa aus dem resezierten Wirbelkörper oder aus dem Beckenkamm angelagert. Bei der Verwendung eines Cages wird dieser regelhaft mit Spongiosa aufgefüllt. Nach sorgfältiger Blutstillung erfolgt das Einbringen der Thoraxsaugdrainagen, der schichtweise Verschluss der einzelnen Portale und die Umlagerung in die Rückenlage.

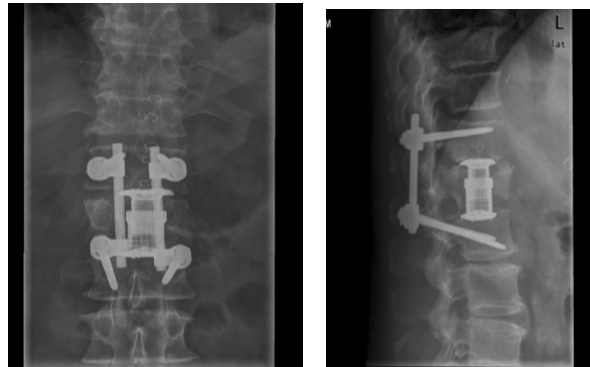


Abbildung 13: postoperatives Röntgenbild nach thorakoskopischer ventraler Stabilisierung mittels Cage und liegendem bisegmentalem Fixateur interne bei LWK 1-Fraktur

4.4. Nachuntersuchung

4.4.1. Rekrutierung der Teilnehmer

Die aufgrund der jeweiligen Operationsmethode einer Gruppe zugeordneten Patienten wurden angeschrieben und nach einer kurzen Darstellung der Zielsetzung der Untersuchung gebeten, sich für diese Analyse zur Verfügung zu stellen. Jeder Patient erhielt einen Termin sowie eine Telefonnummer zur etwaigen Terminverschiebung mitgeteilt. Alle Patienten, die entweder zum avisierten Termin nicht erschienen oder vorher absagten, wurden ein zweites Mal um Ihre Mitarbeit gebeten und ein neuer Termin vergeben. In Einzelfällen wurde primär eine telefonische Terminvereinbarung durchgeführt.

Die Nachuntersuchung wurde für jede Gruppe einzeln in einem zeitlich begrenzten Zeitraum von circa 8 Wochen ohne Berücksichtigung der individuellen Nachbehandlungszeit durchgeführt. In Einzelfällen wurden Patienten bei stationären oder ambulanten Aufenthalten in der Klinik auch außerhalb dieses Zeitfensters untersucht.

4.4.2. Erstellung des Analysebogens

Die Nachuntersuchung sollte zum einen objektive und damit vergleichbare Ergebnisse liefern, um statistisch verwertbare Aussagen treffen zu können. Zum anderen sollten die subjektiven Aussagen und Beschwerden der Patienten so dargestellt werden, dass auch Aussagen über die individuelle Verträglichkeit und Patientenzufriedenheit möglich sind. Als Messpunkte für die Erhebung der Daten wurden definiert: der Zustand direkt nach dem Unfall, der Zustand nach Durchführung aller operativen Maßnahmen sowie der Nachuntersuchungszeitpunkt.

Es wurde ein insgesamt siebenseitiger Analysebogen mit drei Abschnitten erarbeitet (Anhang).

Der erste Teil beinhaltet einen vierseitigen Fragebogen mit verschiedenen Scores, wobei Fragen mit ähnlicher Antwortstruktur in Blöcken zusammengefasst wurden. Im Einzelnen wurden folgende Scores genutzt: Prolo, Beaujon, Oswestry, SF36 und der Hannover-Wirbelsäulenscore (Fairbanks et al. 1980, Prolo et al. 1986, Lasalle et al. 1988, Ware und Sherbone 1992, Bullinger und Kirchberger 1998, Knop et al. 1999). Die Fragen der drei erstgenannten Fragebögen wurden ins Deutsche übersetzt, um Missverständnisse und falsche Antworten zu vermeiden.

Weiterhin enthalten ist ein dreiseitiger Statistikabschnitt zur Auflistung aller relevanten demografischen und klinischen Daten, um den subjektiven Ergebnissen ein objektives Fundament geben zu können. Er lehnt sich strukturell an den Dokumentationsbogen der Universitätsklinik für Unfallchirurgie der Leopold-Franzens-Universität Innsbruck an (Universitätsklinik für Unfallchirurgie Innsbruck 2001).

Der dritte Teil wurde aus Gründen der Übersichtlichkeit als Tabelle gestaltet, in ihm wurden die radiologischen Parameter erfasst.

4.4.3. Durchführung der Nachuntersuchung

4.4.3.1. Befragung

Die Untersuchung wurde bei allen Patienten durch dieselbe Person durchgeführt. Zu Beginn der Untersuchung fand ein offenes Gespräch statt, in dem die Patienten ohne spezielle Zielstellung kurz über den erlittenen Unfall und den Heilungsverlauf berichteten. Hierbei wurden bereits erste Antworten im Fragebogen durch den Untersuchenden vermerkt. Danach

erfolgte das Ausfüllen des Fragebogens, wobei der Untersucher einzelne Fragen erläuterte und bei Bedarf Hilfestellung beim Beantworten gab. In solchen Fällen wurde besonders darauf geachtet, diejenige Antwort herauszuarbeiten, die nach Meinung des Patienten seine Antwort auf die entsprechende Frage darstellt. Bevor eine solche Frage angekreuzt wurde, wurde der Patient durch den Untersucher gefragt, ob dieser mit der Antwort zufrieden sei und diese die Meinung des Patienten auch wiedergäbe.

4.4.3.2. Klinische Untersuchung

Nach Vervollständigung des Fragebogens erfolgte die Überprüfung der physiologischen und pathologischen Reflexe, ebenso eine grobe Kraftprobe und eine vergleichende Sensibilitätsprüfung beider Körperseiten. Den Abschluss der Untersuchung bildete die Anfertigung einer konventionellen Röntgenaufnahme des entsprechenden Abschnittes der Wirbelsäule, wenn die letzte verfügbare Aufnahme älter als drei Monate war. In Einzelfällen wurden die weiterbehandelnden ärztlichen Kollegen um leihweise Überlassung der letzten Röntgenbilder gebeten. Diese wurden nach Erhalt von Untersucher am Röntgenbildschirm ausgewertet und danach an die Kollegen zurückgesandt.

4.4.3.3. Auswertung der Röntgenbilder

Da insbesondere die Unfallbilder zu einem erheblichen Teil Fremdaufnahmen waren, in der untersuchenden Klinik bereits alle Röntgenbilder digitalisiert und damit rechnergestützt abrufbar sind, wurden die als Hartkopie vorliegenden Bilder am Röntgenbildschirm mit einem üblichen medizinischen Goniometer ausgewertet. Die als Datei vorliegenden Bilder wurden mit dem in der Klinik genutzten Bildsystem Web 100 der Firma Agfa und der darin enthaltenen Software ausgemessen. Es wurden folgende Messgrößen erfasst: der Wirbelkörperwinkel/WKW (zwischen Grund- und Deckplatte des frakturierten Wirbels) und der Grund-Deckplattenwinkel/GDW 1 (zwischen Grundplatte des frakturierten und Deckplatte des darüber liegenden Wirbels). In der Literatur finden sich für diese Winkel auch andere Bezeichnungen: vertebrale Kyphose für den WKW bzw. segmentale Kyphose für den GDW 1. Weiterhin wurden genutzt: der Grund-Deckplattenwinkel/GDW 2 (entsprechend GDW 1 unter Einschluss der jeweils benachbarten Bandscheibe), der sagittale Index/SI

(Quotient aus der Höhe der Wirbelvorderkante und der Höhe der Wirbelhinterkante), die Sagittalverschiebung der Wirbelhinterkante in den Spinalkanal und der Skoliosewinkel der Wirbelsäule in Höhe des frakturierten Wirbels. Die ebenfalls geläufigen Benennungen als Cobb-Winkel 1 und 2 wurden in dieser Arbeit zur besseren Vergleichbarkeit mit der Referenzarbeit der Arbeitsgemeinschaft „Wirbelsäule“ der DGU (Knop et al. 1999-2001) nicht verwendet.

Vereinzelt wurden für die Datengewinnung auch CT-Befunde genutzt, wenn keine konventionellen Aufnahmen vorlagen.

Für den Vergleich der Winkel ist zu beachten, dass die Ausmessung der Röntgenbilder stets von ventral erfolgte. Bei kyphotischen Veränderungen oder Winkeln wurde ein negatives Vorzeichen gewählt, hingegen bei lordotischen Werten ein positives. Beispielsweise bezeichnet ein Winkel von -10° eine Kyphose von 10° , unabhängig von der Ursache (posttraumatische Fehlstellung oder physiologische Kyphose z.B. der BWS).

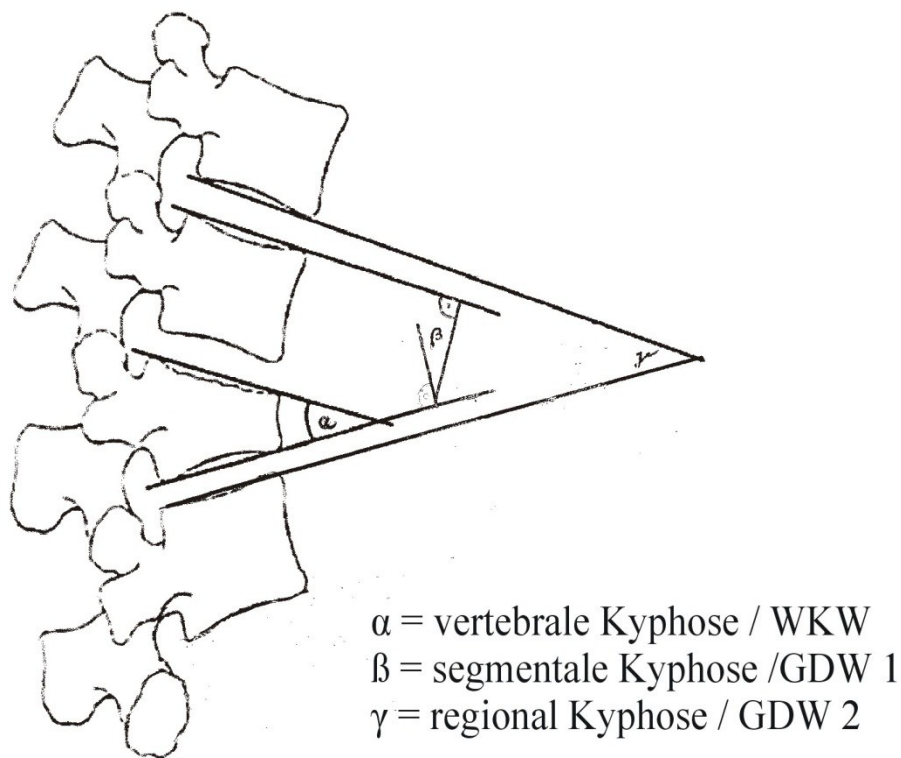


Abbildung 14: Darstellung der gemessenen Winkel

4.5. Statistische Auswertung der objektiven Daten

Die statistische Auswertung sowohl der Fragebögen als auch der radiologischen Ergebnisse erfolgten mit dem Programmen Excel sowie GraphPad InStat 3.05. Das statistisch entscheidende Kriterium für den Vorteil einer Operationsmethode ist die Signifikanz. Für die Aussage „es besteht ein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen“ oder „es besteht kein signifikanter Unterschied“ ist die Grösse des p-Wertes im 95%-Konfidenzintervall entscheidend (Weiß 2005). Dieser Ausdruck bezeichnet die Wahrscheinlichkeit, dass ein vorliegendes Ergebnis nicht zufällig erreicht wurde und eine neue Untersuchung zum gleichen Schluss kommen wird. Ist der errechnete p-Wert im gewählten Intervall kleiner als 0,05, ist statistisch ein signifikanter Unterschied vorhanden. Die tatsächliche Grösse, die Ursachen oder die klinische Relevanz dieses Unterschiedes können damit nicht bestimmt werden. Die Signifikanz kann mit verschiedenen Verfahren ermittelt werden, wobei die Auswahl des jeweiligen Testes nach zu treffender Aussage und Beziehung der Messwerte zueinander unterschiedlich erfolgt. In dieser Untersuchung kamen der ungepaarte t-Test sowie als Kontrolle der nichtparametrische Mann-Whitney-Test zur Anwendung.

- ▶ ungepaarter t-Test: Es wird eine Normalverteilung der einzelnen Messwerte und eine vergleichbare arithmetische Dimension der Messwerte vorausgesetzt.
- ▶ U-Test nach Mann und Whitney: Bei diesem Test werden die Messwerte beider Gruppen der Grösse nach durchnummeriert, die Berechnung der Prüfgrösse wird mit den zugeordneten Rangplätzen durchgeführt und nicht mit den eigentlichen Messwerten. Eine Normalverteilung der Messwerte ist nicht notwendig. Auch bei diesem Test wird der p-Wert zusätzlich bestimmt.

Neben dem Mittelwert der Datenmenge wurde die Standardabweichung ermittelt, welche das Ausmaß der Streuung der einzelnen Daten angibt, d.h. je größer der Wert, desto weiter liegen die Einzelwerte auseinander. Die errechneten Ergebnisse werden folgendermaßen dargestellt: Mittelwert [Einheit] \pm Standardabweichung.

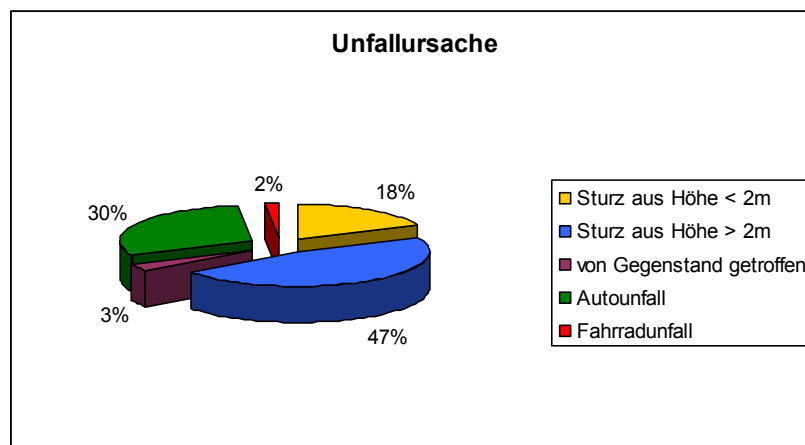
5. Ergebnisse

5.1. Auswertung der Akten und Fragebögen

Insgesamt konnten 61 Patienten in beiden Kollektiven eingeschlossen und 43 Fälle nachuntersucht werden, 19 wurden in PLIF-Technik (nachfolgend Gruppe 1) und 42 thorakoskopisch dorso-ventral (Gruppe 2) operiert. Nachuntersucht wurden in Gruppe 1 17 und in Gruppe 2 26 Patienten, was 89,5% bzw. 61,9% der jeweiligen Gesamtgruppe entspricht.

Mit 45 Personen war die Mehrzahl der Untersuchten männlich, 16 davon in Gruppe 1 und 29 in Gruppe 2. Von den 16 Frauen kamen 3 aus Gruppe 1 und 13 aus Gruppe 2. Das mittlere Alter betrug 38,4 Jahre \pm 0,96 in Gruppe 1 und 39,5 Jahre \pm 1,43 in Gruppe 2, das mittlere Gewicht in Gruppe 2 mit 74,2 kg \pm 12,0 lag nicht signifikant unter dem von Gruppe 1 mit 79,7 kg \pm 11,5.

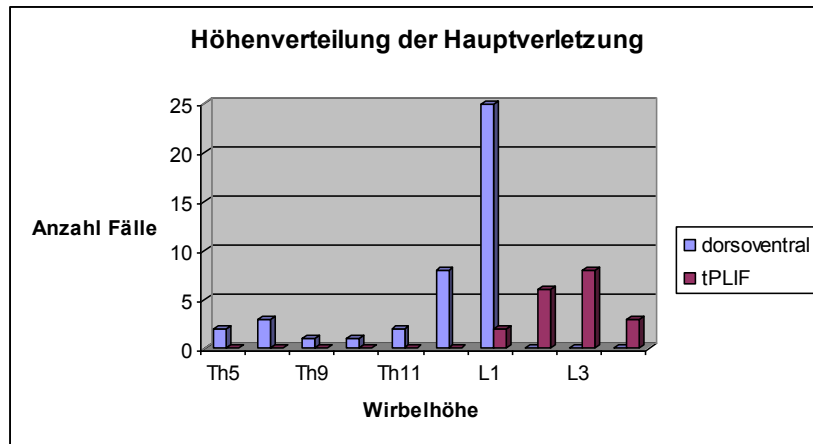
Durch einen Sturz aus einer Höhe von mindestens 2 Metern verletzten sich 28 Patienten, 10 aus der ersten und 18 aus der zweiten Gruppe. Bei Stürzen aus weniger als 2 Meter Höhe zogen sich 2 Personen aus Gruppe 1 und 9 aus Gruppe 2 Verletzungen zu. Ein Verkehrsunfall konnte bei 5 Personen aus Gruppe 1 und 13 aus Gruppe 2 als Unfallursache verzeichnet werden. Je 1 Patient pro Gruppe wurde von einem Gegenstand getroffen, 1 Fahrradsturz in Gruppe 2 und 1 unklarer Unfallmechanismus in Gruppe 1 stehen zu Buche.



Bei je 2 Verletzten aus Gruppe 1 und Gruppe 2 bestanden zum Unfallzeitpunkt degenerative Veränderungen der Wirbelsäule, frühere Wirbelfrakturen waren bei keinem Patienten bekannt.

Die am häufigsten verletzte Höhe betrug in Gruppe 1 mit 8 Fällen L3, die übrigen Verletzungen befanden sich in den Höhen L2 (6 Fälle), L4 (3 Fälle) und L1 (2 Fälle). In

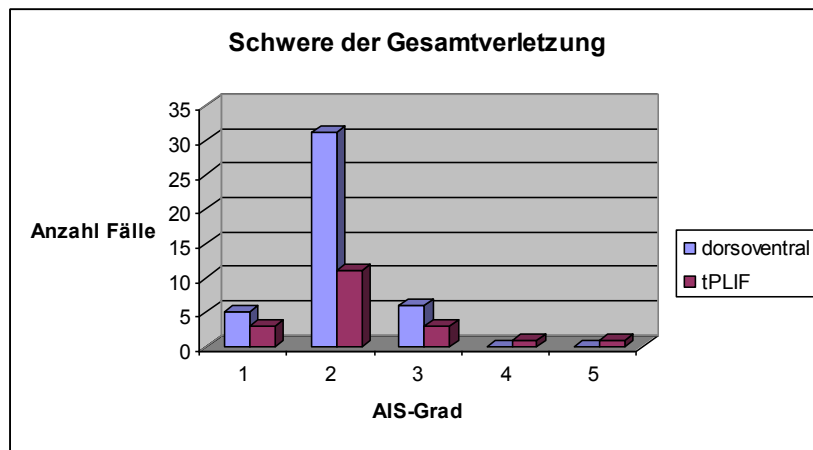
Gruppe 2 war am häufigsten der Wirbel L1 mit insgesamt 25 Fällen betroffen, weitere häufige Frakturlokalisationen waren an den Wirbeln Th12 (8 Fälle), Th6 (3 Fälle) vorhanden. Je 2 Patienten wurden mit Verletzungen in Höhe Th5 und Th11 sowie je 1 Patient mit Frakturen von Th 9 oder 10 versorgt, dabei lag eine isolierte LWS-Verletzung bei 15 und eine alleinige BWS-Fraktur bei 11 Personen vor.



Verletzungen von mehr als 1 Körperteil erlitten aus Gruppe 1 11 und aus Gruppe 2 15 Personen. In Gruppe 1 waren Extremitäten bei 7 Fällen betroffen, bei 4 Verletzten lagen Kopf- und 5x Verletzungen des Thorax vor, bei 5 Patienten waren mehr als 2 Abschnitte beteiligt. In Gruppe 2 lagen 8 Kopf- und 4 Extremitätenbeteiligungen vor, 7 Verletzte hatten Verletzungen von mehr als 2 Körperabschnitten.

Nach dem Unfall lag in Gruppe 1 bei 15 Verletzten und in Gruppe 2 bei 38 Personen keine neurologische Beteiligung vor, entsprechend einem Frankelscore E. Die Scorewertung D, leichte motorische Defizite mit mehr als Kraftgrad 3 nach Janda lagen bei je 4 Fällen aus Gruppe 1 und 2 vor.

Bezüglich der Schwere des Unfalles, welche mit dem AIS-Grad angegeben wird, wurden mit dem geringsten Schweregrad 1 in Gruppe 1 3 Patienten und 5 Verletzte in Gruppe 2 eingestuft. Grad 2 lag in Gruppe 1 in 11 und bei Gruppe 2 in 31 Kasuistiken vor. Der mittlere Scorewert 3 wurde bei 3 Patienten der Gruppe 1 und bei 6 der Gruppe 3 bestimmt. In Gruppe 1 wurde je 1 Fall den schweren Stufen 4 und 5 zugeordnet, in Gruppe 2 lagen hier keine Fälle vor.



Das Zeitintervall vom Unfall bis zur Primäroperation in Gruppe 1 betrug 56 Tage \pm 116,7 und von der Primär- bis zur Sekundäroperation 89,6 Tage \pm 79,1. In Gruppe 2 lagen diese Werte bei 2,7 Tagen \pm 4,0 und bis zur endgültigen Versorgung bei 35,8 Tagen \pm 76,5. 5 Patienten aus Gruppe 1 und 1 Verletzter aus Gruppe 2 wurden bereits in der ersten Operation definitiv versorgt. Die Zeit zwischen Unfall und definitiver Versorgung betrug in Gruppe 1 insgesamt 121 Tage \pm 106,2, in Gruppe 2 lag dieser Wert bei 37,7 Tagen \pm 75,7.

Zwischen dem Zeitpunkt der definitiven Versorgung bis zur Nachuntersuchung vergingen bei Gruppe 1 59,8 Wochen \pm 25,0, bei Gruppe 2 95,1 Wochen \pm 34,2.

Die gesamte Operationszeit belief sich für Gruppe 1 auf 300,6 Minuten \pm 79,6 und für Gruppe 2 auf 239,5 Minuten \pm 57,0. Dabei betrug die Primäroperationszeit bei Gruppe 1 145,6 Minuten \pm 93,4 und bei Gruppe 2 78,1 Minuten \pm 33,0. Die Zeiten der Sekundärversorgung lagen bei 216,1 Minuten \pm 58,3 für Gruppe 1 und bei 162,5 Minuten \pm 52,7 für Gruppe 2.

Bei insgesamt 30 Patienten mit Spinalkanaleinengung, 10 in Gruppe 1 und 20 in Gruppe 2, wurde insgesamt 13 Mal eine Spinalkanaldekompensation durchgeführt, davon in 9 Fällen in Gruppe 1 und 4x in Gruppe 2.

Komplikationen traten bei insgesamt 18 Patienten auf, in 3 Fällen aus Gruppe 1 und 15 aus Gruppe 2. Es waren folgende operationsbedingte Probleme zu verzeichnen: bei Gruppe 1 in je einem Fall ein temporäres Conus-Cauda-Syndrom, ein subcutanes Liquorkissen sowie dermatombezogene Parästhesien. Ebenfalls in dieser Gruppe trat einmal eine Schraubenfehlage mit Blutung und Wundinfektion auf, wobei diese nicht als operationsspezifisch anzusehen ist. In Gruppe 2 traten bei 4 Patienten Pleuraergüsse auf, in 2 Fällen verbunden mit einem Pneumothorax, sowie jeweils bei einem Verletzten eine temporäre, eine persistierende neurologische Symptomatik, ein Cageausbruch, eine Wundinfektion, eine symptomlose Implantatfehlage, ein Nichteinheilen des Knochenspanes,

ein schriftlich beschriebener retroperitonealer Schraubenverlust, eine Schraubenlockerung sowie eine fulminante letale Lungenembolie am 11. postoperativen Tag. Ein Patient aus Gruppe 2 gab außerdem eine Blasenentleerungsstörung an, hier ist jedoch ein Zusammenhang mit Unfall oder Operation aufgrund unklarer Dokumentation fraglich. Eine Revisionsoperation erfolgte bei 2 Patienten aus Gruppe 1 und bei 8 Patienten aus Gruppe 2.

	tPLIF		dorso-ventral	
ohne Komplikation	16	84,2 %	27	64,3 %
mit Komplikation	3	15,7 %	15	35,7 %
Revision notwendig (auf Gesamtgruppe bezogen)	2	10,5 %	8	19 %

Zum Zeitpunkt der Nachkontrolle gaben 4 Patienten aus Gruppe 1 neurologische Defizite des Grades Frankel D an, in Gruppe 2 waren es 3 Befragte. In Gruppe 1 kam es in je einem Fall zu einer Verbesserung von D auf E und zu einer Verschlechterung von E auf D. In Gruppe 2 konnte ein Patient mit initialem Frankel-Score D nicht nachuntersucht werden.

Eine radiologisch sichtbare Einengung des Spinalkanals lag bei 7 Patienten aus Gruppe 1 und 8 Patienten aus Gruppe 2 vor.

10 Patienten konnten ihre frühere Tätigkeit in vollem Umfang wieder ausüben, 2 aus Gruppe 1 und 8 aus Gruppe 2. Zumindest teilweise in den alten Beruf zurückkehren konnten 5 Patienten aus Gruppe 1 und 9 aus Gruppe 2. In einem anderen Beruf waren vollzeitlich 2 Patienten aus Gruppe 1 und 8 aus Gruppe 2 tätig. Weiterhin arbeitsunfähig oder berentet waren insgesamt 12 Verletzte, 8 Patienten aus Gruppe 1 und 4 aus Gruppe 2.

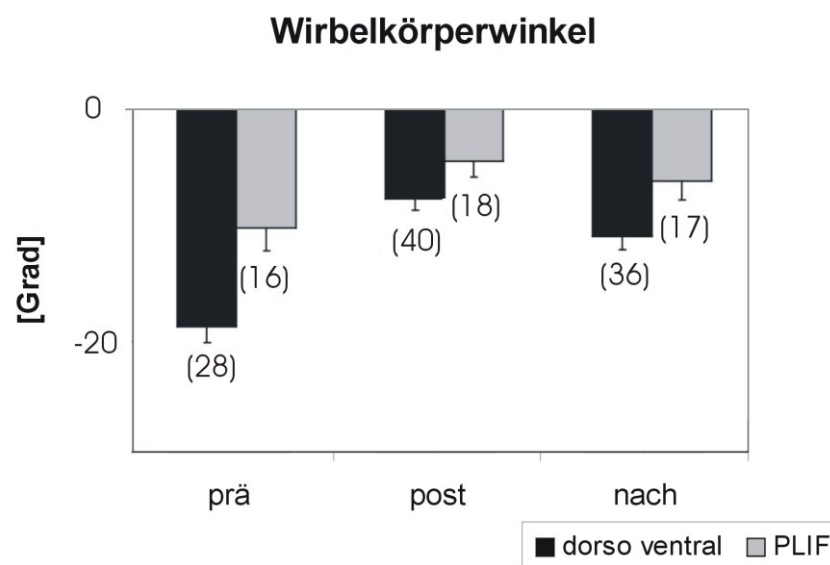
Schweregrad	1	2	3	4	5
Berufliche Reintegration	Gleiche Tätigkeit ohne Einschränkungen	Gleiche Tätigkeit mit Einschränkungen	Andere Tätigkeit, Vollzeit	Andere Tätigkeit, Teilzeit	Berentet, arbeitsunfähig
Σ Gruppe 1 + 2	10	14	10	0	12

Insgesamt liegen bei den Parametern Alter und Gewicht keine signifikanten Unterschiede vor, ebenso bei der beruflichen Reintegration. Hingegen bestehen statistisch relevante Differenzen zugunsten der thorakoskopisch dorsoventral versorgten Gruppe 2 bei den Parametern Zeitspanne Unfall-definitive Versorgung und Zeitraum Primär-Sekundärversorgung. Ebenso liegen statistisch signifikante Unterschiede bei den Operationszeiten sowie dem Zeitraum

Versorgung bis Nachuntersuchung vor, auch hier zum Vorteil der Gruppe 2 mit kürzeren Operationszeiten und längerer Zeitdauer von der Operation bis zur Nachuntersuchung.

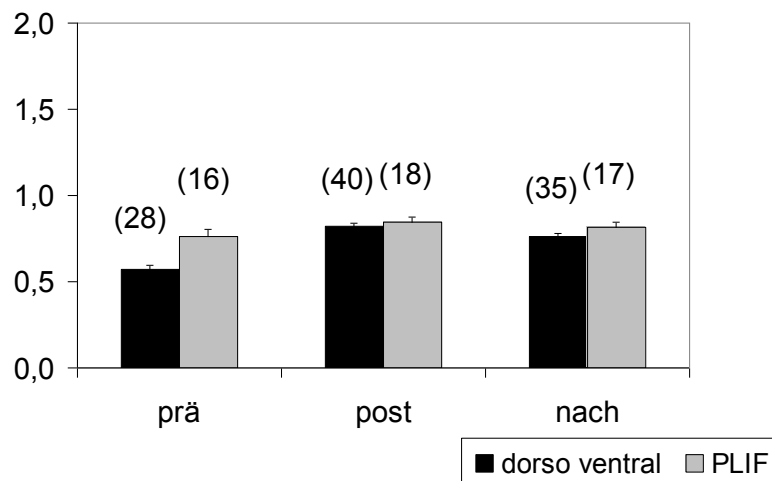
5.2. Radiologische Ergebnisse

Der Wirbelkörperwinkel, die Lage von Boden- und Deckplatte des verletzten Wirbels zueinander darstellend, betrug unmittelbar nach dem Unfall in Gruppe 1 $-10,3^\circ \pm 7,4$, nach Durchführung aller Operationen $-4,6^\circ \pm 5,8$ und zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung $-6,3^\circ \pm 6,6$. In Gruppe 2 lagen die Werte präoperativ bei $-18,7^\circ \pm 7,5$, postoperativ bei $-7,8^\circ \pm 5,9$ und bei der Verlaufskontrolle bei $-10,9^\circ \pm 7,1$.



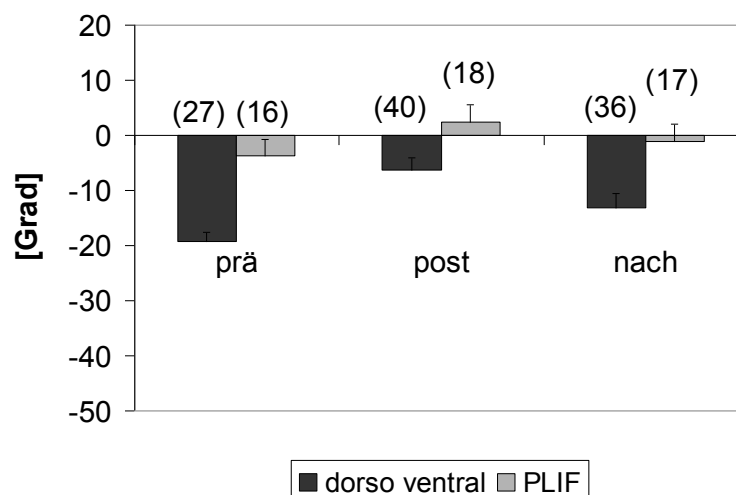
Als sagittaler Index wird das Verhältnis von Vorder- und Hinterkante des frakturierten Wirbels bezeichnet, hier fand sich in Gruppe 1 ein präoperativer Wert von $0,76 \pm 0,17$, postoperativ von $0,85 \pm 0,14$ und im Verlauf von $0,82 \pm 0,14$. Für Gruppe 2 konnten Ergebnisse von $0,57 \pm 0,1$ präoperativ, $0,82 \pm 0,1$ postoperativ und $0,76 \pm 0,1$ bei der Kontrolluntersuchung ermittelt werden.

Sagittaler Index



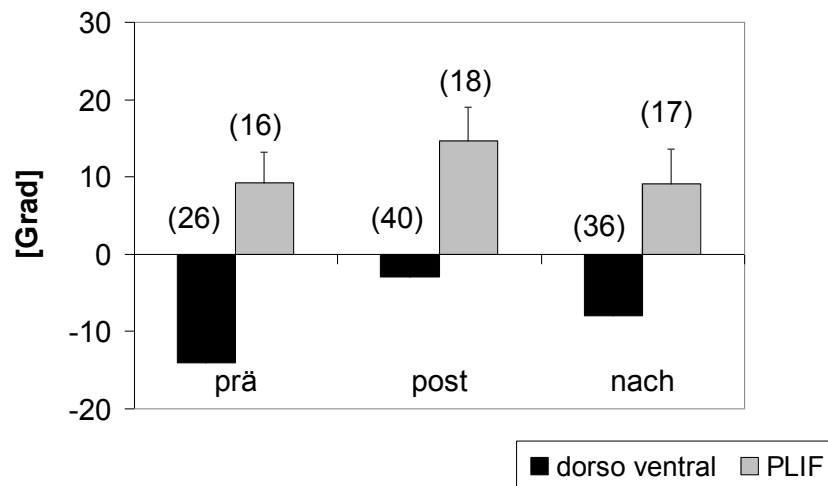
Beim GDW1 stellte sich in Gruppe 1 präoperativ ein Winkel von $-3,75^\circ \pm 12,1$ dar, postoperativ von $2,5^\circ \pm 12,9$ und zum Kontrollzeitpunkt von $-1,2^\circ \pm 13,1$. Für Gruppe 2 waren folgende Werte zu verzeichnen: präoperativ $-19,2^\circ \pm 8,0$, postoperativ $-6,3^\circ \pm 13,4$ und bei der Nachuntersuchung $-13,1^\circ \pm 15,0$.

Grund-Deckplattenwinkel 1



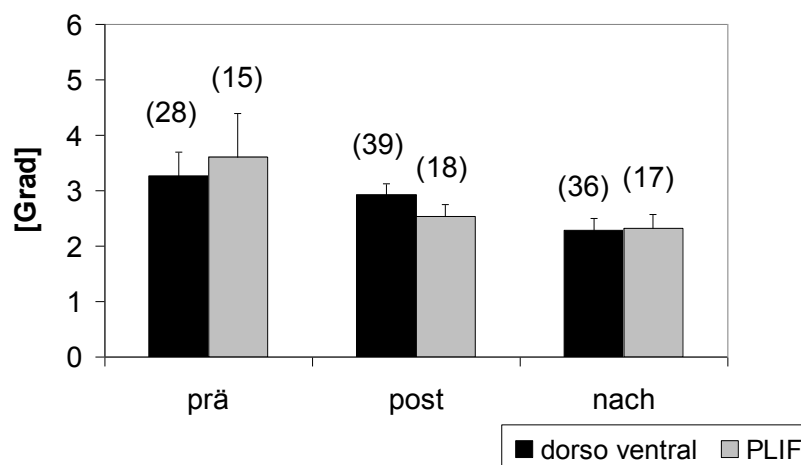
Werden die jeweils angrenzenden Bandscheiben zum GDW2 mit in die Berechnung einbezogen, ergab sich für Gruppe 1 präoperativ ein Wert von $9,2^\circ \pm 16,2$, postoperativ von $14,7^\circ \pm 18,0$ und zum Zeitpunkt der Verlaufskontrolle von $9,1^\circ \pm 18,5$. Bei Gruppe 2 lag der präoperative Winkel durchschnittlich bei $-14,0^\circ \pm 8,9$, postoperativ bei $-2,9^\circ \pm 14,9$ und zum Nachuntersuchungszeitpunkt bei $-8,0^\circ \pm 18,4$.

Grund-Deckplattenwinkel 2

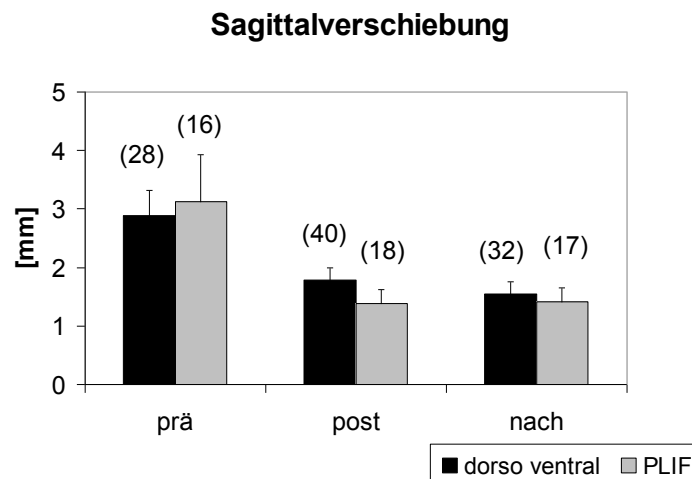


Der durch die Fraktur entstandene Skoliosewinkel des betroffenen Wirbelsäulenabschnittes betrug in Gruppe 1 präoperativ $3,6^\circ \pm 2,5$, verringerte sich postoperativ auf $2,5^\circ \pm 1,5$ und lag zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung bei $2,3^\circ \pm 1,6$. Die entsprechenden Werte für Gruppe 2 betragen präoperativ $3,3^\circ \pm 2,5$, postoperativ $2,9^\circ \pm 2,3$ und im Verlauf $2,3^\circ \pm 1,3$.

Skoliosewinkel



Präoperativ wurde die Sagittalverschiebung in Gruppe 1 mit $3,1\text{mm} \pm 3,2$ ermittelt, postoperativ mit $1,4\text{mm} \pm 1,0$ und im Verlauf mit $1,4\text{mm} \pm 1,0$. In Gruppe 2 ergab sich eine mittlere Hinterkantenverlagerung von präoperativ $2,9\text{mm} \pm 2,3$, postoperativ von $1,8\text{mm} \pm 1,3$ und bei der Nachuntersuchung von $1,6\text{mm} \pm 1,2$.

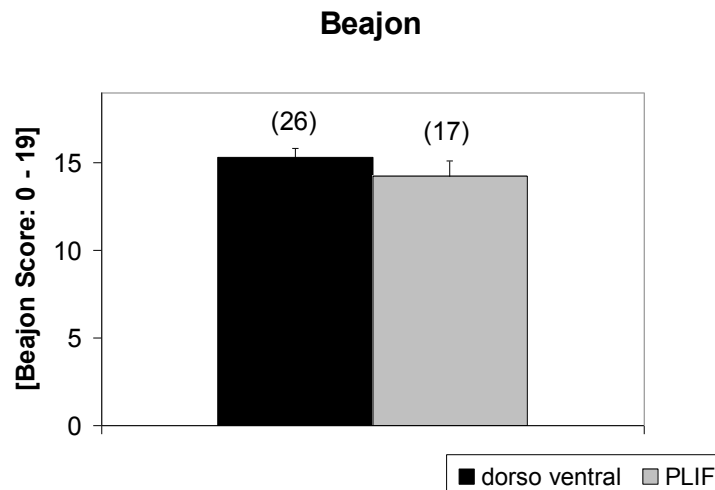


Statistisch signifikante Unterschiede zeigen sich bei den Parametern Wirbelkörperwinkel, sagittaler Index und beiden Grund-Deckplattenwinkeln, wenn auch nicht zu allen Untersuchungszeitpunkten. Die Wirbelkörperwinkel in Gruppe 2 sind präoperativ und zum Nachuntersuchungszeitpunkt signifikant größer als in Gruppe 1. Der präoperative sagittale Index von Gruppe 2 ist statistisch geringer als in Gruppe 1, zu den anderen Zeitpunkten kann keine Signifikanz dargestellt werden. Bei beiden GDW liegen die Werte für Gruppe 2 signifikant höher als in Gruppe 1, eine Ausnahme besteht beim GDW1 postoperativ. Hier wurde, im Gegensatz zum t-Test, beim Mann-Witney-Test das Signifikanzkriterium knapp verfehlt.

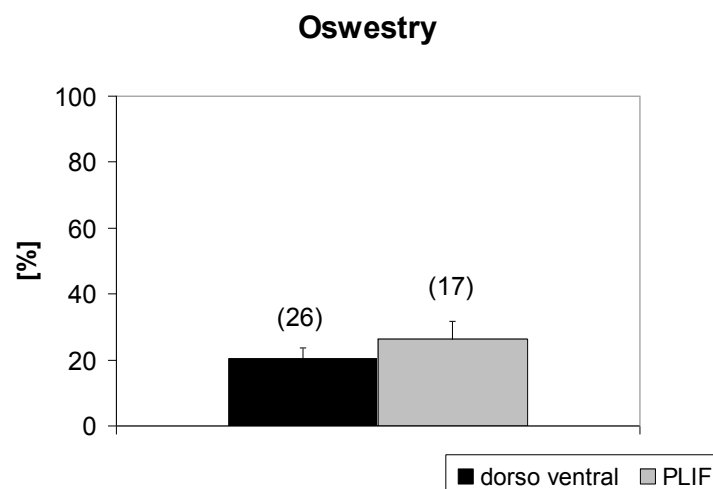
5.3. Score-Ergebnisse

Mit Hilfe des Prolo-Score können Einschränkungen der Berufs- sowie der privaten Leistungsfähigkeit in einer Skala von 1 bis 5 dargestellt werden, wobei die Einschränkungen bei einer höheren Zahl abnehmen. Die Verletzten der Gruppe 1 gaben ihre berufliche Einschränkung mit $3,3 \pm 1,1$ an, in Gruppe 2 betrug dieser Wert $3,5 \pm 1,1$. Die Leistungsfähigkeit im Alltag war bei Gruppe 1 auf $3,5 \pm 1,1$ und bei Gruppe 2 auf $3,5 \pm 1,0$ reduziert.

Der Beajon-Score erfasst allgemeine Einschränkungen bei Rückenbeschwerden ohne Unterscheidung der Ursache dieser Beschwerden. Maximal können 19 Punkte erreicht werden, niedrigere Punktwerte bedeuten höhere Beeinträchtigungen. Für Gruppe 1 wurde ein Wert von $14,2 \pm 3,7$ errechnet, Gruppe 2 erreichte $15,3 \pm 2,8$.



Beim Oswestry-Score wird in 10 Kategorien die jeweilige Schwere der Beeinträchtigung erfragt. Je größer die Einschränkung ist, desto mehr Punkte werden vergeben. Maximal sind pro Kategorie 5 Punkte und insgesamt 100 Punkte möglich. Bei einer Punktzahl von 0 – 20 spricht man von leichten Einschränkungen, 20 – 40 entsprechen mittlerer, 40 – 60 schwerer und >60 sehr schwerer Einschränkung. Die Gesamtpunktzahl in Gruppe 1 betrug $26,4 \pm 22,6$ und in Gruppe 2 $20,6 \pm 15,6$. Damit liegen beide Populationen im Bereich mittlerer Einschränkungen, Gruppe 2 verfehlt nur knapp die bessere Kategorie.



Zur differenzierten Darstellung von Einschränkungen in verschiedenen psychischen und physischen Aspekten wurde der Score SF36 ausgewählt. Dieser Test unterscheidet folgende Kategorien: allgemeine Gesundheit (AG), Vitalität (V), körperliche Funktionsfähigkeit (KF), körperliche Rollenfunktion (KR), körperliche Schmerzen (KS), emotionale Rollenfunktion (ER), soziale Funktionsfähigkeit (SF) und psychisches Wohlbefinden (PW). Der erreichbare Höchstwert in jeder Kategorie beträgt 100. Die Tabelle gibt die von beiden Gruppen erreichten Werte wieder:

Kategorie	Gruppe 1	Gruppe 2
KF	62,7 ± 26,6	62,3 ± 24,8
KR	35,3 ± 34,3	41,4 ± 42,4
KS	52,5 ± 25,5	53,1 ± 23,8
AG	50,0 ± 20,5	61,6 ± 20,4
V	53,2 ± 23,1	63,1 ± 16,3
SF	77,9 ± 24,4	79,3 ± 26,0
ER	72,6 ± 44,5	92,3 ± 23,7
PW	69,4 ± 19,5	68,8 ± 17,2

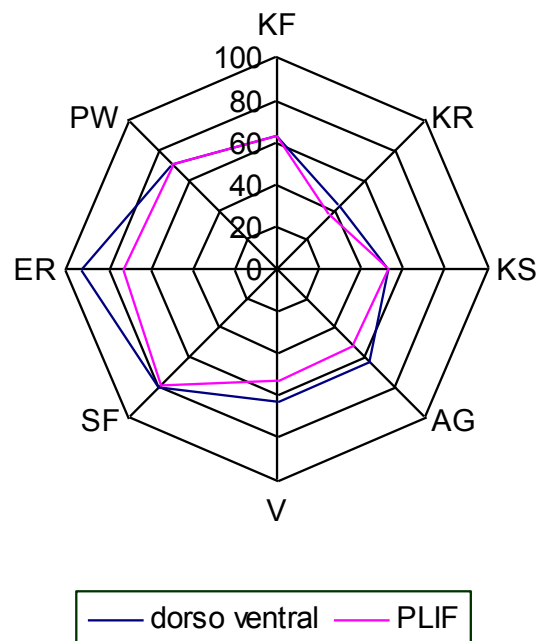
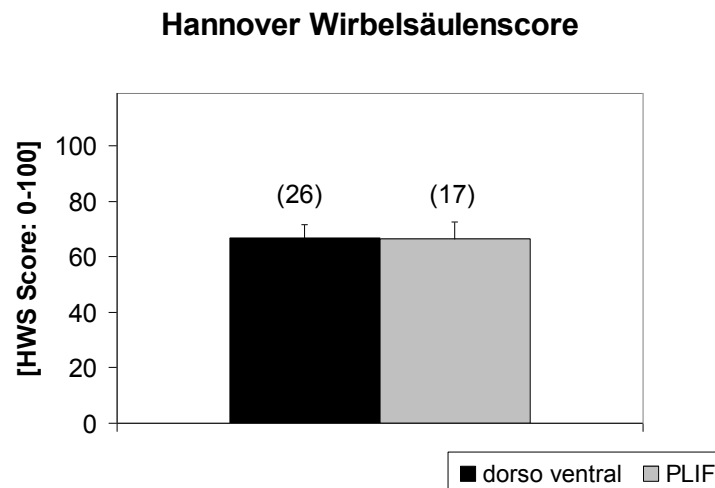


Abbildung 15: relative Einschränkungen der Gruppen zueinander und zur Höchstpunktzahl

Erläuterung: je größer die Einschränkung in der jeweiligen Kategorie, desto näher rückt der Punkt auf der Achse nach innen

Als weiterer Fragebogen wurde der Hannover-Wirbelsäulen-Score ausgewählt. Er stellt Defizite bei einzelnen konkreten Verrichtungen und Aktivitäten dar und kann sowohl bei rollstuhlmobilen als auch bei gehfähigen Verletzten erfragt werden. Die erreichbare maximale Punktzahl beträgt 100 Punkte. Die Verletzten in Gruppe 1 erreichten $66,5 \pm 25,3$ Punkte, in Gruppe 2 war ein Wert von $67,0 \pm 23,1$ zu verzeichnen.



Bei keinem Fragebogen oder Test konnten signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen dargestellt werden. In der Kategorie Allgemeine Gesundheit des SF36 wurde mit einem p-Wert von 0,08 das Signifikanzkriterium von $<0,05$ nur knapp verfehlt, sämtliche übrigen p-Werte lagen teilweise erheblich über dieser Grenze.

6. Diskussion

6.1. Literaturübersicht

Frakturen der Wirbelkörper können konservativ und operativ behandelt werden, wobei das entscheidende Kriterium zur Auswahl der Therapie die Instabilität des Bewegungssegmentes und die daraus zu erwartende dauerhafte Störung von Stabilität und Funktion darstellt. Bei korrekter Indikationsstellung und adäquater Behandlung führen sowohl die konservative als auch die operative Therapie von Frakturen des thorakolumbalen Überganges zu vergleichbar guten langfristigen Ergebnissen (Nash et al. 1977, Liljenquist und Mommsen 1994, Resch et al. 2000, Katscher et al. 2003, Wood et al. 2003). Verschiedene Zugangswege (dorsal, ventral, kombiniert), Materialien (Knochen, Metall, Kunststoff) und Therapiestrategien (Fixateur interne, Körbchen, Platten, Schrauben, Knochenspäne) befinden sich aktuell parallel in Verwendung und haben in den letzten Jahren ihren Platz bei den jeweiligen

Verletzungsmustern gefunden (Roy-Camille et al. 1976, Dick et al. 1985, Daniaux 1986, Blauth et al. 1987, Brantigan et al. 1991, Feil und Wörsdörfer 1992, Bagby und Kuslich 1994, Regan et al. 1997, Mulholland 2000, Wolter et al. 2001, Briem et al. 2003, Madan und Boeree 2003).

Der Fixateur interne wird im deutschsprachigen Raum zur Primärversorgung von instabilen Frakturen als Standard angesehen (von Gumpfenberg et al. 1991, Liljenquist und Mommsen 1994, Wawro et al. 1994, Knop et al. 1997, Knop et al. 1999, Knop et al. 1999-2001, Hax und Kortmann 2000, Resch et al. 2000, Wolter et al. 2001, Briem et al. 2003), mit ihm kann aufgrund des kurzen Zugangsweges ohne Gefährdung von inneren Organen zeitnah und auch bei eingeschränktem Allgemeinzustand eine weitgehende Wiederherstellung der anatomischen Verhältnisse bezüglich Aufrichtung, Fixierung der betroffenen Wirbelkörper und eventuell erforderlicher Revision des Spinalkanals erreicht werden. Beachtet werden sollten mögliche postoperative Komplikationen, beispielsweise Sinterung, mangelnde knöcherne Abstützung, Höhenverlust oder skoliotischen Fehlformen. Denn bei Mitverletzungen der Bandscheibe kommt es im Verlauf trotz der dorsalen Fixierung zu einer Sinterung durch die Veränderung der Bandscheibe (von Gumpfenberg et al. 1991, Feil und Wörsdörfer 1992, Eysal et al. 1994, Ichli et al. 2001, Katscher et al. 2003) mit der Gefahr von chronischen Schmerzen oder neurologischen Beeinträchtigungen. In der Literatur herrscht über die notwendige Entfernung der verletzten Bandscheibe weitgehende Einigkeit (Eysal et al. 1994, Kuslich et al. 1998, Regan et al. 1999, Ferrara und Benzel 2001, Knop et al. 2005), jedoch bestehen über den besten Zugangsweg und die Art der einzubringenden Platzhalter verschiedene Ansichten.

Daniaux, Dick und Liljenquist (Dick 1984, Daniaux 1986, Liljenquist und Mommsen 1994) beschreiben das Einbringen von autologer Spongiosa in den Zwischenwirbelraum von dorsal durch die Pedikel, Briem und Bühren (Bühren et al. 1997, Briem et al. 2003) favorisieren das Interponieren eines kortikospongiösen Spanes aus dem Beckenkamm via einen ventralen Zugang. Klinisch-radiologische Nachkontrollen zeigen Anteile von unvollständiger/fraglicher knöcherner Konsolidierung oder Nekrose der Knochenspäne von 23% (Briem et al. 2003) bzw. 28% (Knop et al. 1999-2001) oder einen mangelhaften/fehlenden Einbau der Spongiosa von 35% (Knop et al. 1999-2001) bzw. 66% (Knop et al. 1999). Verschiedene Autoren (Blauth et al. 1987, McAfee et al. 1995) berichten über einen Patientenanteil von bis zu 25% mit nahezu vollständigem Verlust der intraoperativ erreichten Wiederaufrichtung des frakturierten Wirbelkörpers. Weiterhin sind die möglichen Komplikationen bei der Entnahme des Knochens aus dem Beckenkamm zu beachten (Wippermann et al. 1997).

Die Kombination aus einem interponierten Knochenspan in den zuvor ausgeräumten Bandscheibenraum und zusätzlicher Sicherung mittels Platte zeigt bessere Ergebnisse (Kostuik 1984, Blauth et al. 1987), die dafür notwendige offene Operationsmethode ist jedoch mit einer höheren Komplikationsrate (15% [Feil und Wörsdörfer 1992], 31% [Liljenquist und Mommsen 1994], 30% [Knop et al. 1999-2001]) behaftet und kann bei umfangreicheren Gesamtverletzungen erst nach Stabilisierung des Allgemeinzustandes erfolgen (Bühren et al. 1997, Hax und Kortmann 2000).

Eine Alternative zu Knochenspan, Platte oder Spongiosa ist die Implantation von Cages aus Metall oder Kunststoff, die sich mit aufbereitetem Knochenmaterial füllen und auf die exakte Höhe des Bandscheibenraumes aufspreizen lassen, zuerst beschrieben von Bagby und Kuslich (Bagby und Kuslich 1994, Kuslich et al. 1998) und u.a. von McAfee, Brantigan, Ray, Mulholland (Brantigan et al. 1991, McAfee et al. 1995, Regan und Guyer 1997, Mulholland 2000) als Therapieoption mit hohen Fusionsraten über 90% (Regan und Guyer 1997, Kuslich et al. 1998) bei vergleichbarer Komplikationsrate von thorakoskopischen gegenüber offenen Verfahren veröffentlicht (Regan et al. 1999, Mulholland 2000).

6.2. Demografische Daten

Die vorliegende Arbeit vergleicht das Konzept der PLIF mittels Cage mit der thorakoskopischen ventralen Fusion mittels Knochenspan, Platte oder Cage bei insgesamt 61 Patienten, welche in den Jahren 1999 bis 2001 mit einer der beiden Methoden operiert wurden. 45 davon waren männlichen Geschlechts, das entspricht 73,8% des Gesamtkollektivs. Das mittlere Alter der in der Studie untersuchten Probanden betrug 39,0 Jahre. 47 Verletzte oder 77,1% waren zwischen 30 und 59 Jahre alt. Nur 13,1 Patienten waren jünger als 30 Jahre und 9,8% älter als 60 Jahre. Bei 45,9% lag ein Sturz aus mehr als 2 Meter Höhe als Unfallursache vor, 29,5% erlitten einen Autounfall und bei 18% lag ein Sturz aus weniger als 2m Höhe vor. Mit diesen Daten weist das vorliegende Kollektiv vergleichbare Daten mit den in der zum Vergleich herangezogenen Literaturstellen auf: In der DGU-Studie lag der Anteil männlicher Patienten bei 64%, das durchschnittliche Alter bei 39,9 Jahren. Als Verletzungsursache lag bei 50,4% ein Sturz aus grösserer Höhe vor, 22,1% waren durch einen Verkehrsunfall und 14,1% durch einen banalen Sturz betroffen (Knop et al. 1999-2001). Madan gibt in seiner 2003 veröffentlichten Arbeit einen Anteil von 65,7% Männern und ein mittleres Alter von 40,6 Jahren an (Madan und Boeree 2003).

Bezüglich der Verletzungsschwere, welche mit dem AIS-Score bewertet wurde, zeigte sich eine markante, wenn auch nicht statistisch signifikante Benachteiligung der Gruppe 1, hier lag in 10,5% der Fälle eine der beiden schwersten Bewertungen mit mindestens lebensbedrohendem Gesamtzustand vor. Eine schwere Gesamtverletzung lag in Gruppe 1 bei 15,7% und in Gruppe 2 bei 14,3% vor. Diese Unterschiede werden bei der Betrachtung anderer Parameter, beispielsweise den subjektiven Scores (Prolo, SF 36 u.a.) sowie der beruflichen Wiedereingliederung eine Rolle spielen.

Der Anteil nachuntersuchter Fälle von der Gesamtzahl der Patienten betrug insgesamt 70,5%, 89,5% in der mittels tPLIF-Technik und 61,9% in der thorakoskopisch dorsoventral operierten Gruppe. In der DGU-Studie konnten 55% der initial eingeschlossenen Fälle nachuntersucht werden (Knop et al. 1999-2001), Blauth berichtet über 77% (Blauth 1992), Katscher gibt eine Rate von 88,8% bei der konservativ behandelten und 73,7% bei der operativ versorgten Gruppe an (Katscher et al. 2003). Damit liegen die Daten dieser Untersuchung auf Augenhöhe mit den zum Vergleich herangezogenen Literaturstellen.

Die mittlere Nachuntersuchungszeit betrug für Gruppe 1 59,3 Wochen und für Gruppe 2 95,1 Wochen. Die in der Literatur angegebenen Zeiten von 198 Wochen (Blauth et al. 1987), 119 Wochen (Knop et al. 1999-2001), 228 Wochen (Resch et al. 2000), 86 Wochen (Katscher et al. 2003) und 122 Wochen (Madan und Boeree 2003) liegen teilweise deutlich über den in der vorliegenden Arbeit erreichten Nachuntersuchungszeiträumen, vor allem im Vergleich mit der mittels PLIF-Technik versorgten Gruppe 1. Ob sich diese kürzere Zeit auf die Ergebnisse auswirkt, kann erst nach einer weiteren längerfristigen Beobachtung der Patienten dieser Arbeit diskutiert werden.

Am häufigsten war der Wirbel L1 mit 44,3% verletzt, es folgen L3 und Th12 mit je 13,1% sowie L2 mit 9,8%, die übrigen Wirbelhöhen (Th5 und 6, Th10 und 11, L4) lagen deutlich unter 10%. Resch nennt in seiner Arbeit eine Prozentzahl für L1 von 51% in der operativen und 40% in der konservativ behandelten Gruppe (Resch et al. 2000), gefolgt von den Nachbarwirbeln L2 (10% operativ, 21% konservativ) und Th12 (26% operativ, 14% konservativ). Auch Blauth (Blauth et al. 1987) und die DGU-Studie (Knop et al. 1999-2001) geben diese 3 Höhen als die am häufigsten betroffenen Wirbel an. Auffällig ist die vergleichend überdurchschnittlich häufige Nennung von L3, wobei in absoluten Zahlen zwischen L2 und L3 nur 2 Fälle liegen, welche sämtlich aus der zahlenmäßig kleinen in PLIF-Technik operierten Gruppe liegen. Daher ist diese singuläre Abweichung für die Gesamtaussage der Arbeit von geringer Bedeutung.

Die Summe der Operationszeit aus Primär- und Sekundäroperationen lag in der vorgestellten Arbeit im Mittel bei 270 Minuten, wobei die thorakoskopisch dorsoventral stabilisierte Gruppe 2 mit durchschnittlich 239,5 Minuten signifikant kürzer operiert wurde als Gruppe 1 mit 300,6 Minuten. Die DGU-Studie gibt eine mittlere Operationsdauer für das kombinierte Vorgehen von 254 Minuten an (Knop et al. 1999-2001), Beisse et al. berichten über eine mittlere OP-Zeit von 324 Minuten in einem vergleichbaren Kollektiv (Beisse et al. 2001). Die längere Operationszeit von 61 Minuten für Gruppe 1 ist durch die nicht abgeschlossene Lernkurve der Operateure bei einer neuen Operationsmethode sowie die tendenziell schwerere Gesamtverletzung der Patienten in Gruppe 1 erklärlich, da bereits die in beiden Gruppen gleiche Primäroperation mit Reposition und Implantation eines Fixateur interne bei der später in PLIF-Technik versorgten Verletzten signifikant länger dauerte als bei Patienten der Gruppe 2.

In der vorliegenden Arbeit waren in beiden Gruppen insgesamt 18 Fälle oder 29,5% mit operationsbedingten Komplikationen zu verzeichnen, von denen 16,4% revisionsbedürftig waren. Dies liegt deutlich über den Vergleichswerten der Literatur von 19,4% (5,3% Revision) bei Blauth, 14,8% (6,0% Revision) in der DGU-Studie und 9,5% (1,4% Revision) bei Madan (Blauth et al. 1987, Knop et al. 1999-2001, Madan und Boeree 2003). Beisse hingegen beschreibt eine Komplikationsrate von 36,7% (Beisse et al. 2003). Da die Komplikationsrate in beiden Gruppen mit 15,7% in Gruppe 1 und 35,7% in Gruppe 2 über den meisten Vergleichswerten liegt und jede Gruppe durch unterschiedliche Operateure versorgt wurde, können hier mehrere Gründe vorliegen. Erstens kann die Einarbeitung der Operateure in die Methode bei den vorliegenden geringen Fallzahlen noch nicht optimal sein und sich diese Fallübersicht damit noch in der Lernkurve bewegen, zweitens wäre ein Einfluss des wechselnden OP-Teams möglich, drittens könnte die nicht randomisierte Zuteilung für eine Operationsmethode für die Differenzen verantwortlich sein.

Zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung waren 12 von 46 Patienten oder 26,1% weiterhin arbeitsunfähig oder berentet. Innerhalb der einzelnen Gruppen lag dieser Wert für Gruppe 1 (auf 17 Fälle mit Informationen zur beruflichen Reintegration bezogen) bei 47,1%, in Gruppe 2 auf 29 Fälle bezogen bei 13,8%. Von insgesamt 46 Patienten konnten 21,7% der Verunfallten wieder ohne Einschränkungen in ihrem früheren Beruf tätig sein. Der Einzelwert innerhalb von Gruppe 1 liegt diesbezüglich bei 11,8%, entsprechend für Gruppe 2 bei 27,6%. Blauth berichtet 1992 über einen Anteil von 18% berenteter oder arbeitsunfähiger Patienten nach dorsaler Stabilisierung und 10% nach ventraler Versorgung (Blauth 1992). In der DGU-Studie wurde ein Anteil von 71% arbeitsfähiger Befragter angegeben, mithin also 29%

arbeitsunfähige oder berentete Patienten (Knop et al. 1999-2001). Auffällig ist in der vorliegenden Arbeit der überproportionale Anteil von Fällen aus der mittels PLIF-Technik versorgten Gruppe an weiterhin arbeitsunfähig Verletzten, was sich durch die schwereren Gesamtverletzungen in dieser Gruppe gegenüber derjenigen der kombiniert versorgten Personen erklärt.

Bis auf die deutlich erhöhte Komplikationsrate, die inhomogene Zusammensetzung bezüglich der Verletzungshöhe beider Gruppen sowie den erhöhten Anteil von langfristig arbeitsunfähigen Patienten in der Gruppe der in PLIF-Technik operierten Verletzten in der vorgestellten Arbeit sind die epidemiologischen Daten mit denen der vergleichend hinzugezogenen Autoren übereinstimmend und bestätigen die dort getroffenen Aussagen. Weiterhin lassen die vorliegenden Ergebnisse die Operation in PLIF-Technik bei Frakturen des thorakolumbalen Überganges als gleichwertig gegenüber den etablierten Verfahren erscheinen.

6.3. Radiologische Ergebnisse

Der Vergleich der radiologischen Daten erfolgt ausschliesslich mit europäischen Autoren aufgrund der vergleichbaren Operationsmethoden. Zur besseren Übersicht erfolgt die Darstellung in Tabellenform.

● Wirbelkörperwinkel/WKW in Grad:

Kyphose: - Lordose: +		Präoperativ	Postoperativ	OP- Gewinn	Nachunter- suchung	Verlauf OP bis Nachunter- suchung
Eigene Ergebnisse	tPLIF	-10,3 ± 7,6	-4,6 ± 5,8	5,7	-6,3 ± 6,6	- 1,7
	Kombiniert	-18,7 ± 7,5	-7,8 ± 5,9	10,9	-10,9 ± 7,1	- 3,1
DGU (Knop et al. 1999- 2001)	Dorsal	- 15,7 ± 6,9	- 6,7 ± 5,0	9,0	- 8,6 ± 5,2	- 1,9
	Kombiniert	- 18,6 ± 7,3	- 5,8 ± 5,2	12,8	- 7,7 ± 6,3	- 1,9
Resch (Resch et al. 2000)	Dorsal	- 16,5	- 5,0	11,5	- 8,1	- 3,1
Katscher (Katscher et al. 2003)	BWS/LWS- Übergang, dorsal	- 16,2	- 4,2	12,0	- 6,6	- 2,4
	LWS, dorsal	- 7,0	0	7,0	- 2,7	- 2,7

● Sagittaler Index/SI:

		Präoperativ	Postoperativ	OP-Gewinn	Nachuntersuchung	Verlauf OP bis Nachuntersuchung
Eigene Ergebnisse	tPLIF	$0,76 \pm 0,17$	$0,85 \pm 0,14$	0,09	$0,82 \pm 0,14$	- 0,03
	Kombiniert	$0,57 \pm 0,1$	$0,82 \pm 0,1$	0,25	$0,76 \pm 0,1$	- 0,06
Blauth (Blauth 1991)	Dorsal	0,63	0,88	0,25	0,79	- 0,09
DGU (Knop et al. 1999-2001)	Dorsal	$0,65 \pm 0,16$	$0,84 \pm 0,11$	0,19	$0,80 \pm 0,11$	- 0,04
	Kombiniert	$0,60 \pm 0,15$	$0,87 \pm 0,11$	0,27	$0,82 \pm 0,14$	- 0,05
Resch (Resch et al. 2000)	Dorsal	0,59	0,87	0,28	0,81	- 0,06

Auffallend sind der geringe OP-Gewinn und der gleichfalls geringe Verlaufsverlust der mittels PLIF-Technik versorgten Gruppe sowohl beim Wirbelkörperwinkel als auch beim sagittalen Index, dem die geringere präoperative Kyphose gegenübersteht. Durch die Lage der betroffenen Wirbelkörper in Gruppe 1 vor der Belastungsachse der Wirbelsäule wird auf den in die Kyphose gebrochene Wirbel eine eher lordosfördernde Kraft einwirken. Aus diesem Grund sintert der lumbale Wirbelkörper im Verlauf weniger zusammen als in Höhe der BWS bzw. des thorakolumbalen Überganges. In Höhe des thorakolumbalen Überganges findet der Wechsel der LWS-Lordose zur BWS-Kyphose statt, hier ist der oben beschriebene Effekt weniger wirksam. Blauth berichtet über ähnliche Verläufe und führt dies ebenfalls auf die anatomischen Krümmungen der einzelnen Wirbelsäulenabschnitte zurück (Blauth 1992). Der Verlauf entspricht also, durch Biomechanik und Anatomie bedingt, den zu erwartenden Ergebnissen sowie tendenziell den Vergleichsarbeiten.

• Grund-Deckplattenwinkel 1/GDW1 in Grad:

Kyphose: - Lordose: +		Präoperativ	Postoperativ	OP- Gewinn	Nachunter- suchung	Verlauf OP bis Nachunter- suchung
Eigene Ergebnisse	tPLIF	- 3,8 ± 12,1	2,5 ± 12,9	6,3	- 1,2 ± 13,1	- 3,7
	Kombiniert	- 19,2 ± 8,0	- 6,3 ± 13,4	12,9	- 13,1 ± 15,0	- 6,8
Blauth (Blauth et al. 1987)	Dorsal	- 12	9	21	1	- 8
	Ventral	- 18	- 1	17	- 7	- 6
Blauth (Blauth 1992)	Ventral lumbal	- 15,6	3,5	19,1	- 2,4	- 5,9
	Ventral thorakal	- 24,1	- 16,7	7,4	- 21,5	- 4,8
	Dorsal	- 8,5	14,1	22,6	- 4,9	- 19,0
DGU (Knop et al. 1999-2001)	Dorsal	- 15,4 ± 8,0	- 5,0 ± 7,0	10,4	- 7,9 ± 8,2	- 2,9
	Kombiniert	- 16,8 ± 7,9	- 3,0 ± 7,5	13,8	- 6,3 ± 8,5	- 3,3

• Grund-Deckplattenwinkel 2/GDW2 in Grad:

Kyphose: - Lordose: +		Präoperativ	Postoperativ	OP- Gewinn	Nachunter- suchung	Verlauf OP bis Nachunter- suchung
Eigene Ergebnisse	tPLIF	9,2 ± 16,2	14,7 ± 18,0	5,5	9,1 ± 18,5	- 5,6
	Kombiniert	- 14,0 ± 8,9	- 2,9 ± 14,9	11,1	- 8,0 ± 18,4	- 5,1
DGU (Knop et al. 1999- 2001)	Dorsal	- 6,4 ± 9,6	1,5 ± 8,8	7,9	- 1,7 ± 9,4	- 3,2
	Kombiniert	- 6,4 ± 9,3	3,8 ± 9,6	10,2	0,5 ± 10,6	- 3,3
Resch (Resch et al. 2000)	Dorsal	- 8	10,6	18,6	- 1,9	- 12,5

Die mittels PLIF-Technik versorgte Gruppe zeigt bei beiden Grund-Deckplatten-Winkeln einen ähnlichen Verlauf wie beim Wirbelkörperwinkel. Präoperativ besteht eine geringe Kyphose als in den Vergleichsgruppen und die intraoperative Aufrichtung erreicht nicht das Niveau der anderen Arbeiten. Beim postoperativen Verlauf liegt der Repositionsverlust im Rahmen der Vergleichsgruppen. Die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit decken sich mit den in der Literatur angegebenen Verläufen, vor allem was den Repositionsverlust im längerfristigen Verlauf betrifft. Die Einbeziehung der angrenzenden Bandscheibe beim GDW2 wirkt sich nicht wesentlich auf die grundsätzlichen Winkelverläufe aus.

Insgesamt kann bei den radiologischen Ergebnissen gezeigt werden, dass die Verläufe in beiden Gruppen der vergleichend herangezogenen Literatur entsprechen, wobei die mit PLIF-Technik behandelten Verletzten bei den absoluten Werten nicht signifikant abweichen. Dies ist vor allem der bereits beschriebenen Lokalisierung der Verletzungen ausnahmslos im lumbalen Bereich zuzuschreiben, ähnliche aufgestellte Gruppen beispielsweise in den Veröffentlichungen von Blauth (Blauth 1992) oder der DGU-Studie (Knop et al. 1999-2001) zeigen ähnliche Winkelverläufe. Es zeigt sich auch hier, dass die PLIF-Technik bei Frakturen der LWS der etablierten Methode der thorakoskopischen dorsoventralen Stabilisierung am thorakolumbalen Übergang ebenbürtig ist.

6.4. Score-Ergebnisse

Auch beim Vergleich der Scoreergebnisse können überwiegend nur europäische Autoren herangezogen werden, die amerikanischen Artikel beschreiben nur in geringem Ausmass Scores zur Qualitätsbewertung einzelner Operationsmethoden. Von den in dieser Arbeit verwendeten 5 Scores konnte nur für den Hannover Wirbelsäulen-Score, den SF36 und den Oswestry-Score relevant vergleichende Literatur gefunden werden.

Der Hannover Wirbelsäulen-Score wird von verschiedenen deutschsprachigen Autoren verwendet. Die vorliegende Arbeit berechnete bei einer maximalen Punktzahl von 100 für die tPLIF-Gruppe ein Ergebnis von 66,5 Punkten und für das Kollektiv der kombiniert versorgten Verletzten 67,0 Punkte. In der DGU-Studie wird ein Ergebnis von 69,9 für die dorsale Gruppe und 65,1 für die kombiniert versorgte Fraktion angegeben (Knop et al. 1999-2001). Resch berichtet über einen Wert von 86,5 Punkten für ein rein dorsal operiertes Kollektiv (Resch et al. 2000), Blauth bestimmt für eine dorsal operierte Gruppe 70,1 bzw. für eine ventral stabilisierte Population 83,1 Punkte (Blauth 1992) und Ichli berechnet für eine Gruppe dorsal stabilerter Patienten mit Spongiosaplastik 72,3 bzw. ohne Spongiosaplastik 68,4 Punkte (Ichli et al. 2001). Damit liegen die hier vorgestellten Daten auf gleicher Höhe wie die Literaturergebnisse.

Für den Oswestry low back pain disability Score wurde in der vorliegenden Arbeit ein Wert von 26,4 für das Kollektiv der tPLIF-Patienten und ein Wert von 20,6 für jenes der dorso-ventral versorgten Verletzten berechnet. Madan berichtet über ein Ergebnis von 30,5 für eine PLIF-Population und 32,9 für eine ALIF-Gruppe (Madan und Boeree 2003). Wood berechnet für die operativ behandelten Patienten 20,7 und für die konservative Vergleichsgruppe 10,7 Punkte (Wood et al. 2003). Auch bei diesem Score liegen die Ergebnisse dieser Arbeit im Rahmen der Vergleichsliteratur.

Für den Score SF36 wurde nur eine Arbeit als Vergleich herangezogen. Die Tabelle gibt die Resultate in den jeweiligen Kategorien an.

Kategorie	Eigene Ergebnisse		Wood (Wood et al. 2003)	
	tPLIF	kombiniert	Operativ	Konservativ
KF	62,7 ± 26,6	62,3 ± 24,8	63	86
KR	35,3 ± 34,3	41,4 ± 42,4	51	85
KS	52,5 ± 25,5	53,1 ± 23,8	59	72
AG	50,0 ± 20,5	61,6 ± 20,4	69	72
V	53,2 ± 23,1	63,1 ± 16,3	84	56
SF	77,9 ± 24,4	79,3 ± 26,0	84	83
ER	72,6 ± 44,5	92,3 ± 23,7	80	79
PW	69,4 ± 19,5	68,8 ± 17,2	81	75

Die vorgestellten Daten dieser Arbeit zeigen in einigen Kategorien Differenzen zur Vergleichsgruppe der operativ behandelten Patienten bei Wood. In den Abschnitten körperliche Rollenfunktion (KR) und psychisches Wohlbefinden (PW) erreichen sowohl die Population der dorso-ventral als auch der tPLIF-Patienten wesentlich schlechtere Ergebnisse mit einem Unterschied von mehr als 10 Punkten. Im Abschnitt Vitalität (V) ragt die operierte Vergleichsgruppe deutlich sowohl über beide Gruppen der vorliegenden Arbeit als auch der konservativ behandelten Vergleichsgruppe hinaus. Bei der allgemeinen Gesundheit (AG) schneidet allein das tPLIF-Kollektiv deutlich schlechter ab, hingegen liegt die kombiniert operierte Gruppe bei der emotionalen Rollenfunktion (ER) über den Literaturwerten. Ob hier die geringe Gruppengrösse von 17(tPLIF), 26(kombiniert), 23(konservative Vergleichsgruppe) oder 24(operative Vergleichsgruppe) Befragten für die inhomogenen Resultate verantwortlich ist, oder die hier untersuchten Verletzten tatsächlich punktuell stärker eingeschränkt sind, ist unklar. Eine weitere Beeinflussung kann durch die bereits mehrfach erwähnte Zusammenfassung von ähnlichen Fragen aus mehreren Scores ausgelöst worden sein, da der SF36 im Vergleich sehr detailliert nach dem Schweregrad der Einschränkung fragt und anderen Scores eine allgemeiner gehaltene Aussage ausreicht. Auch hier ist eine Kontrolle durch ausgewogen besetzte und grössere Gruppen angeraten.

Beim Vergleich der Scores kann insgesamt, trotz der Abweichungen beim SF36, ein ähnlich gutes Resultat der vorgestellten Arbeit mit den Literaturergebnissen festgestellt werden. Es ist zu erwarten, dass sich durch das Hinzuziehen später operierter Patienten die Daten verbessern werden, da durch die dann beendete Lernphase der Operateure stabilere und bessere Ergebnisse zu erwarten sind.

6.5. Einflussfaktoren auf Untersuchung und Ergebnisse

Die Qualität der vorliegenden Resultate wird durch eine Reihe von Faktoren beeinflusst, die hier entsprechend des Zeitpunktes ihres Einwirkens genannt werden sollen.

1. Hier sind die zum Nachuntersuchungszeitpunkt teilweise fehlenden Unfallbilder und Informationen zur Erstversorgung bei Verlegungen aus peripheren Kliniken zu nennen. Dies führte in der vorliegenden Untersuchung zu grösseren Lücken bei den präoperativen Winkelangaben, da die Unfallbilder bei insgesamt 15 Befragten zum Ausmessungszeitpunkt nicht auffindbar waren.
2. Es erfolgte keine standardisierte oder randomisierte Einteilung der Patienten in eine von beiden Gruppen, was eine bessere Vergleichbarkeit der Kollektive untereinander ermöglicht hätte.
3. Im postoperativen Verlauf waren bis auf die stationäre Akutbehandlung nach den Operationen Differenzen bei der Nachbehandlung und ambulanten Procedere zu verzeichnen, was sich auf das langfristige Behandlungsergebnis auswirken könnte.
4. Die retrospektive Datenerhebung, die unterschiedliche Auswertung der Röntgenbilder mit Computer oder Goniometer sowie der aus verschiedenen, meist aus dem Englischen übersetzten Scores zusammengestellte Fragebogen können Einfluss auf die radiologischen und Scoreergebnisse nehmen.
5. Generell beeinträchtigen auch die geringe Grösse beider Gruppen, die Unterschiede beim Nachbeobachtungszeitraum und der Schwerpunkte bei der Verletzungshöhe die Resultate. Um die vorliegenden Aussagen zu überprüfen und zu validisieren, ist eine weitere Untersuchung unter Minimierung bzw. Ausschaltung der oben diskutierten Einschränkungen notwendig. Empfehlenswert sind Patientenkollektive, die hinsichtlich Grösse, Verletzungsmuster und Nachbehandlungsdauer vergleichbar sind, ausserdem sollten ein standardisiertes Behandlungsschema und überarbeitete Fragebögen genutzt und die Verletzten frühzeitig zu einer Mitarbeit an der Studie gewonnen werden.

7. Schlussfolgerung

Die in der Arbeit untersuchten Operationsmethoden stellen sowohl bei den radiologischen als auch bei den klinischen Ergebnissen keine eindeutigen Vorteile einer Methode dar. Die in PLIF-Technik behandelten Patienten zeigten eine breitere Verteilung der Verletzungsschwere und der Operationsdaten. Subjektiv und tendenziell sind die Befragten dieser Gruppe schwerer beeinträchtigt und eingeschränkt. Die in Gruppe 2 zusammengefassten Patienten sind, trotz der potentiell nebenwirkungsreicheren Operation durch den Brust- bzw. Retroperitonealraum, in ihren subjektiven Bewertungen etwas besser und weniger eingeschränkt. Die Komplikationsrate beider Gruppen liegt höher als in vergleichbaren Untersuchungen der Literatur, ein signifikanter Unterschied zwischen beiden Gruppen besteht nicht. Die radiologischen, epidemiologischen Ergebnisse sowie die Resultate der Fragebögen sind vergleichbar mit den Literaturdaten und zeigen keine fundamentalen Widersprüche oder Abweichungen zu den dort getätigten Aussagen. Die vereinzelt auftretenden abweichenden Verläufe liegen aus unserer Sicht in der unterschiedlichen Gruppenzusammensetzung begründet, vor allem bezüglich der Verletzungshöhe und der Schwere der Gesamtverletzung. Das hier vorgestellte Verfahren der PLIF-Technik bei Frakturen ist nach den ersten Erfahrungen den etablierten Methoden einer rein dorsalen sowie einer thorakoskopischen dorso-ventralen Stabilisierung bezüglich Komplikationen, radiologischen und klinischen Ergebnissen sowie der technischen Durchführung mindestens gleichwertig. In der vorliegenden Untersuchung zeigte sich in der mittels PLIF-Methode operierten Patienten sogar eine nur halb so hohe Komplikationsrate im Vergleich zur Gruppe der thorakoskopisch dorsoventral versorgten Verletzten. Beeinträchtigt wird diese Aussage durch die oben genannten Defizite, besonders durch den geringen Umfang der Patientenzahl und die Differenzen zwischen beiden Gruppen. Eine Untersuchung mit grösseren Fallzahlen und ein standardisiertes operatives und epidemiologisch-statistisches Verfahren zur Bekräftigung unserer Daten und Ergebnisse ist empfehlenswert.

8. Literaturverzeichnis

1. Alberstone CD, Benzel EC 2001 History of thoracolumbar decompression and stabilisation. *Neurosurgery clinics* 12 No 1: 181-196
2. Anetzberger H, Friedl HP, Trentz O 1997 Wirbelsäule. In: Platzner W, Trentz O (Hrsg) Posttraumatische Defekt- und Infektsanierung. Schädel, Wirbelsäule, Becken, Bd 8. Thieme, Stuttgart, S 387-391
3. Arand M, Kinzl L 2005 Pathomechanik der thorakolumbalen Verletzung. *Trauma und Berufskrankheit* 7(Suppl.2): 340-344
4. ASIA Classification: Standards for neurological and functional classification of spinal cord injury. American Spinal Injuries Association. Chicago, Illinois 1992
5. Bagby GW, Kuslich SD 1994 Arthrodesis of the lumbar spine utilizing a rigid housing containing bone graft. The BAK interbody fusion method. In: Thalgott J ed. *Manual of internal Fixation*. New York: Raven Press
6. Beck E 1971 Röntgenologische Messmethoden bei Wirbelbrüchen. *Hefte Unfallheilkunde* 108: 36
7. Beisse R, Potulski M, Bühren V 2001 Ventrale Rekonstruktion der Wirbelsäule nach Trauma. *Trauma und Berufskrankheit* 3 (Suppl. 3): 315-320
8. Beisse R, Mückley T, Schmidt H, Hauschild M, Bühren V 2005 Surgical technique and results of endoscopic anterior spinal canal decompression. *J Neurosurgery spine* 2: 128-136
9. Bertolini (Hrsg) 1995 Anatomie des Menschen. Ullstein Mosby
10. Blauth M 1992 Verletzungen der thorakolumbalen Wirbelsäule und ihre operative Behandlung. Eine biomechanische und klinische Studie. Habilitationsschrift, Medizinische Hochschule Hannover
11. Blauth M, Tschern H, Gotzen L, Haas N 1987 Ergebnisse verschiedener Operationsverfahren zur Behandlung frischer Brust- und Lendenwirbelsäulenverletzungen. *Unfallchirurg* 90: 260-273
12. Bohlmann HH 1985 Treatment of Fractures and Dislocations of the Thoracic and Lumbar Spine. *JBJS* 67-A No. 1: 165-169
13. Brandt L (Hrsg) 1997 Illustrierte Geschichte der Anästhesie. Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft mbH Stuttgart
14. Brantigan JW, Steffe AD, Geiger JM 1991 A carbon fiber implant to aid interbody lumbar fusion: Mechanical testing. *Spine* 16: 277-282

15. Briem D, Rueger JM, Linhart W 2003 Einheilung autogener Transplantate nach dorsoventraler Instrumentierung instabiler Frakturen der thorakolumbalen Wirbelsäule. Unfallchirurg 106: 195-203
16. Bühren V, Beisse R, Potulski M 1997 Minimal-invasive ventrale Spondylodesen bei Verletzungen der Brust- und Lendenwirbelsäule. Chirurg 68: 1076-1084
17. Bullinger M, Kirchberger I 1998 SF-36 Fragebogen zum Gesundheitszustand. Handanweisung. Hogrefe Verlag GmbH & Co KG, Göttingen Bern Toronto Seattle
18. Carrera GF, Haughton VM, Sylvesten A, Williams AL 1980 Computed tomography of the Lumbar facet joints. Radiology 134: 145-148
19. Cloward RB 1953 The treatment of ruptured lumbar intervertebral discs by vertebral body fusion: Indications, operative technique, after care. J Neurosurg 10: 154-168
20. Daniaux H 1986 Transpedikuläre Reposition und Spongiosaplastik bei Wirbelkörperbrüchen der unteren Brust- und Lendenwirbelsäule. Unfallchirurg 89:197-213
21. Denis F 1983 The three column spine and its significance in the classification of acute thoracolumbar spinal injuries. Spine 8: 817
22. Dick W 1984 Innere Fixation von Brust- und Lendenwirbelfrakturen. Huber, Bern Stuttgart Toronto
23. Dick W, Kluger P, Magerl F 1985 A new device for internal fixation of thoracolumbar and lumbar spine fractures: the 'Fixateur interne'. Paraplegia 23:225-232
24. Dwyer AF, Schafer MF 1974 Anterior approach to scoliosis. JBJS 56B No 2: 218-224
25. Eysal P, Rompe JD, Hopf C, Meinig G 1994 Die Bedeutung der Bandscheibe für den Repositionsverlust operativ stabilisierter Frakturen der Rumpfwirbelsäule. Unfallchirurg 97: 451-457
26. Fairbanks JC, Davies JB, Couper J, o'Brian J 1980 The Oswestry low back pain Disability Questionnaire. Physiotherapy 66 No 8: 271-273
27. Feil J, Wörsdorfer O 1992 Ventrale Stabilisierung im Bereich der Brust- und Lendenwirbelsäule. Chirurg 63: 856-865
28. Ferrara LA, Benzel EC 2001 Biomechanics of Interbody fusion. Techniques in Neurosurgery, Vol 7 No 2: 100-109
29. Frankel HL, Hancock G, Hyslop G 1969 The value of postural reduction in the initial treatment of closed injuries of the spine with paraplegia and tetraplegia. Paraplegia 7: 179

30. Freeman B, Licina P, Mehdian S 2000 Posterior lumbar interbody fusion combined with instrumented postero-lateral fusion: 5-year results in 60 patients. *Eur Spine* 9: 42-46
31. Friedrich A, Wolter D, Biewener A 1987 Entnahmestellen und Entnahmetechniken autologer Spongiosa und autologer kortikospongiöser Transplantate. *Hefte Unfallheilkunde* 185 in: *Wissenschaftliche und klinische Aspekte der Knochentransplantation*. Springer Berlin Heidelberg 1987: 155-161
32. Hax P-M, Kortmann H-R 2000 Indikationen zum kombinierten dorsoventralen Vorgehen bei instabilen Frakturen der Brust- und Lendenwirbelsäule. *Trauma Berufskrankheit* 2: 167-173
33. Harrington PR 1962 Treatment of scoliosis. *JBJS Am* 44: 591-610
34. Hibbs RA, Albee FH 1911 An operation for progressive spinal deformities. *NY State J Med* 93: 1013
35. Holdsworth FW, Hardy A 1953 Early treatment of paraplegia from fractures of the thoraco-lumbar spine. *JBJS* 35-B(4): 540-550
36. Ichli BW, Heini P, Berlemann U 2001 Korrekturverlust nach dorsaler Stabilisierung von Berstungsfrakturen des thorakolumbalen Überganges. *Unfallchirurg* 104: 742-747
37. Iwahara T 1963 Results of anterior spine fusion by extraperitoneal approach for Spondylolisthesis. *J Japan Orthop Assoc* 36: 1094
38. Jaslow IA 1946 Intercorporal bone graft in spinal fusion after disc removal. *Surgery, Gynecology and Obstetrics*: 215-218
39. Junghanns H 1966 Entwicklungsgeschichte, Anatomie und Physiologie der Wirbelsäule. In: Diebold O, Junghanns H, Zukschwerdt L (Hrsg): *Klinische Chirurgie für die Praxis; Bewegungsapparat und Wirbelsäule*. Bd IV. Thieme, Stuttgart 1966
40. Katscher S, Verheyden P, Gonschorek O, Glasmacher S, Josten C 2003 Thorakolumbale Wirbelfrakturen nach konservativer und operativer Behandlung. Abhängigkeit des Korrekturverlustes von der Höhenlokalisation. *Unfallchirurg* 106: 20-27
41. Kluger P, Gerner HJ 1986 Das mechanische Prinzip des Fixateur externe zur dorsalen Stabilisierung der Brust – und Lendenwirbelsäule. *Unfallchirurgie* 12: 68-79
42. Knop C, Bastian L, Lange U, Blauth M 1999 Transpedikuläre Spongiosplastik am thorakolumbalen Übergang. *Orthopäde* 28: 703-713
43. Knop C, Blauth M, Bastian L, Lange U, Kesting J, Tscherne H 1997 Frakturen der thorakolumbalen Wirbelsäule. *Unfallchirurg* 100: 630-639

44. Knop C, Blauth M, Bühren V, Hax P-M, Kinzl L, Mutschler W, Pommer A, Ulrich C, Wagner S, Weckbach A, Wentzensen A, Wörsdörfer O 1999 - 2001 Operative Behandlung von Verletzungen des thorakolumbalen Überganges. Unfallchirurg: Teil 1 102: 924-935, Teil 2 103: 1032-1047, Teil 3 104: 583-600
45. Knop C, Schmid R, Reinhold M, Blauth M 2005 Fixateur interne und Wirbelkörperersatz. Trauma und Berufskrankheit 7 (Suppl 2): 346-353
46. Knöriger P 1985 Diagnostischer Wert der Computertomographie bei spinalen Verletzungen. Unfallchirurg 88: 63-74
47. Kostuik JP 1984 Anterior Fixation for fractures of the Thoracic and Lumbar Spine with or without Neurologic involvement. Clinical Orthopaedics and Related Research 189:103-115
48. Kozak JA, Heilmann AE, o'Brian JP 1994 Anterior lumbar fusion options. Technique and graft material. Clin Orthop. 45-51
49. Krismer M, Auckenthaler T, Gruber R 1997 Lumbale Fusion bei Erwachsenen - dorsal oder kombiniert ventral/dorsal? Orthopäde 26: 568-571
50. Kuslich SD, Ulstrom CL, Griffith SL, Ahern JW, Dowdle JD 1998 The Bagby and Kuslich method of lumbar interbody fusion. History, techniques, and 2-year follow-up results of a United States prospective, multicentre trial. Spine 23:1267-1278
51. Lane LD, Moore SE 1948 Transperitoneal approach to intervertebral disc in the lumbar area. Ann Surg 127: 537-551
52. Lasalle B, Bitan F, Bex M, Deburge A 1988 Résultats fonctionnels et facteurs de pronostic du traitement chirurgical des sténoses lombraires dégénératives. Rev. Chir. Orthop. 74, Suppl. I: 85-88
53. Lijenquist U, Mommsen U 1994 Die operative Behandlung thorakolumbalen Wirbelsäulenverletzungen mit dem Fixateur interne und transpedikulärer Spongiosaplastik. Unfallchirurgie 21: 30-39
54. Mack M, Regan J, Landreneau R 1996 Thoracoscopic surgery to the spine. Seminars in laparoscopic surgery, Volume 3, Number 4: 253-258
55. Mack MJ, Aronoff RJ, Acuff TE, Douthit MB, Bowman RT, Ryan WH 1992 Present role of thoracoscopy in the diagnosis and treatment of diseases of the chest. Ann Thorac Surg 54: 403-409
56. Mack MJ, Regan JJ, Bobecho WP, Acuff TE 1993 Application of thoracoscopy for diseases of the spine. Ann Thorac Surg 56: 736-738

57. Madan S, Boeree N 2003 Comparison of instrumented anterior interbody fusion with instrumented circumferential lumbar fusion. *Eur Spine* 12: 567-575
58. Magerl F 1987 Klassifizierung der Wirbelsäulenverletzungen. *Hefte Unfallheilkunde* 189: 597
59. Magerl F, Aebi M, Gertzbein SD, Harms J, Nazarian S 1994 A comprehensive classification of thoracic and lumbar injuries. *Eur Spine* 3: 184-201
60. McAfee PC, Regan JR, Fedder IL et al 1995 Anterior thoracic corpectomy for spinal cord decompression performed endoscopically. *Surg Lap Endosc* 5: 339-349
61. McAfee PC, Hansen AY, Fredrikson BE, Lubicky JP 1983 The Value of Computed Tomography in Thoracolumbar Fractures. *JBJS* 65-A No. 4: 461-473
62. Mc Donnell MF, Glassman SD, Dimar JR, Puno RM, Johnson JR 1996 Perioperative complications of anterior procedures on the spine. *JBJS* Vol 78-A No. 6 June 1996
63. Mulholland RC 2000 Cages: outcome and complications. *Eur Spine* 9 Suppl 1: 110-113
64. Mutschler W, Haas NP (Hrsg.) 2004 *Praxis der Unfallchirurgie*. 2. Auflage. Georg Thieme Verlag, Stuttgart New York
65. Nash CL, Schatzinger LH, Brown RH, Brodkey J 1977 The unstable stable thoracic compression fracture. *Spine* 2 No 4: 261-265
66. Nicoll EA 1949 Fractures of the dorso-lumbar spine. *JBJS* 31:376-394
67. Oehmke HJ 1986 Statik und Funktion der Wirbelsäule. *Unfallchirurgie* 12: 332-336
68. Oliver MD, Cahill WC, Hajjar MV 2001 Posterior lumbar interbody fusion. Philadelphia: Lippincott Williams&Wilkins, Inc In: *Techniques in Neurosurgery* Vol 7, No 2: 127-139
69. Prolo D, Oklund S, Butcher M 1986 Toward uniformity in evaluating results of lumbar spine operations: a paradigm applied to posterior lumbar interbody fusions. *Spine* 11: 601-606
70. Ray CD 1997 Threaded titanium cages for lumbar interbody fusion. *Spine* 22: 667-680
71. Regan JJ, Guyer RD 1997 Endoscopic techniques in spinal surgery. *Clin Orthop*: 122-139
72. Regan JJ, Hansen Y, McAfee PC 1999 Laparoscopic fusion of the lumbar spine: minimally invasive spine surgery. *Spine* 24 No 4: 402-411
73. Regan JJ, Mack MJ, Picetti G 1995 A technical report of videoassisted thoracoscopy in thoracic spinal surgery. *Spine* 20: 831-837

74. Resch H, Rabl M, Klampfer H, Ritter E, Povacz P 2000 Operative vs. Konservative Behandlung von Frakturen des thorakolumbalen Übergangs. Unfallchirurg 103: 281-288
75. Roy-Camille R et M, Demeulenaere C 1970 Ostéosynthèse du rachis dorsal, lombaire et lombo-sacrè. La presse Medicale 78 No. 32: 1447-1448
76. Roy-Camille R, Saillant G, Berteaux D, Salgado V 1976 Osteosynthesis of thoracolumbar spine fractures with metal plates screwed through the vertebral pedicles. Reconstr Surg Traumatol 15:2
77. Rüedi T, Murphy W 2003 AO Prinzipien des Frakturmanagements. Thieme, Stuttgart New York
78. Sauerbruch F, Schumacher ED 1911 Technik der Thoraxchirurgie. Springer Berlin
79. Schünke M, Schulte E, Schumacher U 2005 Prometheus Lernatlas der Anatomie. 1. Auflage. Georg Thieme Verlag, Stuttgart New York
80. Steffee AD, Sitkowski DJ 1988 Posterior lumbar interbody fusion and plates. Clin Orthop 227: 99-102
81. Fa. Synthes®, GmbH, Glutz Blockheim-Str. 1-3, 4500 Solothurn, Schweiz
82. Universitätsklinik für Unfallchirurgie Innsbruck 2001 Verletzungen der BWS und LWS. Aufnahmebogen A, Dokumentationsbogen OP, Nachuntersuchungsbogen N. Leopold-Franzens-Universität Innsbruck
83. von Gumpfenberg S, Vieweg J, Harms J 1991 Die primäre Versorgung der frischen Verletzungen von Brust- und Lendenwirbelsäule. Akt. Traumatol. 21: 265-273
84. Ware JE jr, Sherbourne CD 1992 The MOS 36-item short-form health survey (SF 36). Med Care 30: 473-481
85. Wawro W, Konrad L, Aebi M 1994 Die monosegmentale Montage des Fixateur interne bei der Behandlung von thorakolumbalen Frakturen.
86. Weckbach A, Vogel S 1997 Einfluss der transpedikulären intercorporellen Spongiosaplastik auf den Korrekturverlust nach alleiniger dorsaler Instrumentierung thorakolumbalen Wirbelsäulenverletzungen. Hefte Unfallchirurgie 268: 205-208
87. Weiß, C 2005 Basiswissen medizinische Statistik. 3. überarbeitete Auflage. Springer, Heidelberg
88. White AA, Panjabi MM 1990 The problem of clinical instability in the human spine: a systematic approach. In: Clinical biomechanics of the spine. Lippincott, Philadelphia: 19-28

89. Whitesides TE, Ali Shah SG 1976 On the management of unstable fractures of the thoracolumbar spine. Spine Vol 1 No 2: 99-107
90. Wippermann BW, Schrott HE, Steeg S, Tschern H 1997 Komplikationen der Spongiosaentnahme am Beckenkamm. Chirurg 68: 1286-1291
91. Wolter D, Faschingbauer M, Jürgens C 2001 Langzeitergebnisse und Folgeeingriffe der primären dorsalen Versorgung thorakolumbalen Wirbelsäulenverletzungen mit dem Druckplattenfixateur interne. Trauma Berufskrankheit 3 Suppl 3: 311-314
92. Wood K, Buttermann G, Mehbod A, Garvey T, Jhanjee R, Sechriest V 2003 Operative compared with nonoperative treatment of a thoracolumbar burst fracture without neurological deficit. JBJS Vol 85-A, No 5: 773-781

Dokumentationsbogen Präoperativ

Alter

- 1 = <20
2 = 20-29
3 = 30-39
4 = 40-49

- 5 = 50-59
6 = 60-69
7 = 70-79
8 = >80

Geschlecht

- 1 = weiblich
2 = männlich

Beruf

- 1 = keine WS-Belastung
2 = geringe Belastung der WS
3 = starke Belastung der WS

Medikamente

- 1 = keine
2 = ohne Knochenstoffwechselwirkung
3 = mit Knochenstoffwechselwirkung

Vorerkrankungen

- 1 = keine
2 = ohne Beeinträchtigung der WS
3 = mit Beeinträchtigung der WS
4 = frühere WS-Frakturen

Unfallart

- 1 = banaler Sturz
2 = Sturz aus Höhe
3 = suizidaler Sprung
4 = von Gegenstand getroffen
5 = KFZ-Unfall
6 = Motorradunfall
7 = Fahrradunfall
8 = Fussgängerunfall
9 = sonstiges

Lokalisation

<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

- 1 = Kopf, Hals
2 = Gesicht
3 = BWS-Thorax
4 = LWS, Becken
5 = Extremitäten
6 = Oberfläche

Hauptsegment

<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
----------------------	----------------------	----------------------

Schwere nach AIS

- 0 = keine
1 = gering
2 = mittelmässig
3 = schwer, nicht lebensbedrohend
4 = schwer, lebensbedrohend
5 = kritisch, Überleben unsicher

Neurologie nach Frankel

- A = kompletter QS
B = incompletter QS, keine Kraft
C = incompletter QS, Kraft <3
D = incompletter QS, Kraft >3
E = keine Neurologie

Dokumentationsbogen Postoperativ

Zeitraum Unfall - OP in Tagen

OP-Zeit in Minuten

Zugangsweg

- 1 = nur dorsal
- 2 = nur ventral
- 3 = kombiniert
- 4 = einzeitig
- 5 = zweizeitig

Durchleuchtungszeit in Sekunden

Ventraler Weg

- 1 = Throakotomie
- 2 = Lumbotomie
- 3 = Thorakoskopie
- 4 = Laparoskopie
- 5 = endoskopisch extraperitoneal
- 6 = Thorakophrenolumbotomie
- 7 = PLIF
- 8 = sonstige

Eingebrachtes Material

- 1 = Fixateursystem
- 2 = winkelstabile Platte
- 3 = winkelinstante Platte
- 4 = Cage
- 5 = sonstige

ventral

dorsal

Spinalkanalkompression

- 1 = nein
- 2 = ja

Spinalkanaldekompersion

- 1 = nein
- 2 = Laminektomie

Komplikationen

- 1 = keine
- 2 = Schraubenfehlage
- 3 = Duraverletzung
- 4 = Infektionen
- 5 = Verletzung innerer Organe
- 6 = sonstige (Klartext)

Revisionen

- 1 = nein
- 2 = ja

Medikamente

- 1 = keine
- 2 = Schmerzen, keine BTM
- 3 = BTM

Dokumentationsbogen Nachuntersuchung

Zeitraum OP - ME bzw. OP-Untersuchung in Wochen

Neurologie nach Frankel

- A = kompletter QS
- B = inkompletter QS, keine Kraft
- C = inkompletter QS, Kraft < 3
- D = inkompletter QS, Kraft > 3
- E = keine Neurologie

Spinalkanalkompression

- 1 = nein
- 2 = ja

Berufliche Reintegration

- 1 = wie vorher
- 2 = selber Beruf mit Einschränkungen
- 3 = Berufswechsel, volle Arbeit
- 4 = Berufswechsel, Teilzeitarbeit
- 5 = AU / Berentet

MdE in Prozent

- 1 = nicht festgelegt
- 2 = festgelegt

	präoperativ	postoperativ	Nachuntersuchung
Wirbelkörperwinkel			
Sagittaler Index			
Grund-Deckplattenwinkel 1 (mit Bandscheibe)			
Grund-Deckplattenwinkel 2 (ohne Bandscheibe)			
Sagittalverschiebung			
Skoliosewinkel			

Kreuzen Sie bitte die für Sie zutreffende Aussage an!

1. Schmerzintensität

- Schmerzfreiheit ohne Schmerzmittel
- Schmerztolerierung ohne Schmerzmittel
- mit Schmerzmitteln keine Beschwerden
- mit Schmerzmitteln leichte Beschwerden
- mit Schmerzmitteln mittelstarke Schmerzen
- Schmerzmittel ohne Einfluss auf Schmerzen

2. Persönliche Tätigkeiten

- keine Einschränkungen im täglichen Leben
- leichte Schmerzverstärkung bei Tätigkeiten des täglichen Lebens
- starke Schmerzverstärkung bei Tätigkeiten des täglichen Lebens
- Hilfe wird für einige Tätigkeiten Benötigt
- Hilfe wird für viele Tätigkeiten Benötigt
- keine selbständige Verrichtung von Tätigkeiten mehr möglich

3. Anheben

- keine Probleme auch bei schweren Lasten
- leichte Schmerzverstärkung bei schweren Lasten
- Heben schwerer Lasten nur eingeschränkt möglich
- Heben mittelschwerer Lasten nur eingeschränkt möglich
- nur Heben von leichten Lasten Möglich
- Heben unmöglich

4. Gehen

- keine Probleme auch bei langen Strecken
- Schmerzverstärkung bei langen Strecken
- Schmerzverstärkung bei Strecken über 1km
- Schmerzverstärkung bei Strecken über 400m
- Laufen nur mit Schmerzen möglich
- Laufen schmerzbedingt unmöglich

5. Sitzen

- keine Schmerzen auch bei langem Sitzen
- Schmerzverstärkung bei unbequemem Sitzen
- Schmerzverstärkung bei Sitzen über 1 Stunde
- Schmerzverstärkung bei Sitzen über 30 Minuten
- Schmerzverstärkung bei Sitzen über 10 Minuten
- Sitzen ständig schmerzhaft

6. Stehen

- keine Schmerzen auch bei langem Stehen
- Schmerzverstärkung bei langem Stehen
- Schmerzverstärkung bei Stehen über 1 Stunde
- Schmerzverstärkung bei Stehen über 30 Minuten
- Schmerzverstärkung bei Stehen über 10 Minuten
- Stehen ständig schmerzhaft

7. Schlafen

- keine Beeinträchtigung durch Schmerzen
- mit Schmerzmitteln keine Beeinträchtigungen
- mit Schmerzmitteln höchstens 6 Stunden Schlaf
- mit Schmerzmitteln höchstens 4 Stunden Schlaf
- mit Schmerzmitteln höchstens 2 Stunden Schlaf
- ständig Schmerzen beim Schlafen

8. Sexuelle Aktivität

- keine Einschränkungen
- keine Einschränkungen, aber leichte Schmerzen
- leichte Einschränkungen durch Schmerzen
- mittelstarke Einschränkungen durch Schmerzen
- starke Beeinträchtigungen durch Schmerzen
- unmöglich

9. Soziale Aktivitäten

- keine Einschränkungen
- keine Einschränkungen, aber Schmerzverstärkungen
- leichte Einschränkungen bei Bestimmten Tätigkeiten, z.B. Tanzen
- starke Einschränkungen durch Schmerzen
- Beschränkungen der sozialen Aktivität auf Wohnung
- keine Aktivitäten durch Schmerzen möglich

10. Reisen, Ausgehen

- keine Einschränkungen
- keine Einschränkungen, aber Schmerzverstärkungen
- schmerzbedingt nur etwa 2 Stunden möglich
- schmerzbedingt nur etwa 1 Stunde möglich
- schmerzbedingt nur kurz möglich
- schmerzbedingt nur noch zum Arzt oder ins Krankenhaus möglich

1. Ruheschmerzen	Nie	Gelegentlich	Häufig	Immer
2. Belastungsschmerzen	Nie	Gelegentlich	Häufig	Immer
3. Schmerzmedikamente	Nie	Gelegentlich	Häufig	Immer
4. Vorbeugen	Kein Problem	Gelegentlich schmerzhaft	Meist schmerzhaft	Unmöglich
5. Rennen	Kein Problem	Wenig eingeschränkt	Stark eingeschränkt	Unmöglich
6. Rollstuhl fahren	Kein Problem	Beschwerden nach 2 Stunden	Beschwerden nach 30 Minuten	Unmöglich
7. Aufrichten aus Rollstuhl	Kein Problem	Gelegentlich Probleme	Regelmässig Probleme	Unmöglich
8. Umsetzen vom Rollstuhl	Kein Problem	Gelegentlich Probleme	Regelmässig Probleme	Unmöglich

Kreuzen Sie jeweils die für Sie zutreffende E- und F-Aussage an!

E1	vollständig invalidisiert
E2	keine Erwerbstätigkeit, jedoch Hausarbeit möglich
E3	Erwerbstätigkeit möglich, jedoch nicht im vorherigen Beruf
E4	Erwerbstätigkeit im früheren Beruf begrenzt möglich
E5	Erwerbstätigkeit im früheren Beruf ohne Einschränkungen möglich

F1	vollständiger Funktionsverlust
F2	starke bis mittelstarke Rückenschmerzen, Aufgaben des täglichen Lebens selbst durchführbar
F3	mittelschwere bis leichte Rückenschmerzen, ausser Sport alle Aktivitäten durchführbar
F4	nur gelegentlich bis seltene Schmerzattacken, keine Beeinträchtigung von Aktivitäten
F5	keine Schmerzen, keine Beeinträchtigungen

E	F
---	---

1. Wie würden Sie Ihren jetzigen Gesundheitszustand beschreiben?

Ausgezeichnet Sehr gut Gut Weniger gut Schlecht

2. Wie würden Sie Ihren jetzigen Zustand beschrieben im Vergleich mit der letzten Woche / dem letzten Monat?

Viel besser Etwas besser Etwa gleich Etwas schlechter Viel schlechter

3. Wie gut können Sie mehrer Treppenabsätze steigen?

Keine Einschränkung Etwas eingeschränkt Stark eingeschränkt

4. Haben Sie Schwierigkeiten bei Tätigkeiten im Beruf oder zu Hause?

a) Nicht so lange wie üblich:	Ja	Nein
b) Weniger geschafft als üblich:	Ja	Nein
c) Nur bestimmte Tätigkeiten möglich:	Ja	Nein
d) Schwierigkeiten bei der Ausführung:	Ja	Nein

5. Haben Sie aufgrund seelischer Probleme Schwierigkeiten im Beruf oder zu Hause?

a) Nicht so lange wie üblich:	Ja	Nein
b) Weniger geschafft als üblich:	Ja	Nein
c) Nicht so sorgfältig wie üblich:	Ja	Nein

6. Wie sehr haben Ihre seelischen Probleme Ihre sozialen Kontakte beeinflusst?

Überhaupt nicht Etwas Mässig Ziemlich Sehr

8. Wie stark haben Ihre Schmerzen Sie im Beruf oder privat behindert?

Überhaupt nicht Ein bisschen Mässig Ziemlich Sehr

9. Wie oft waren Sie in der letzten Woche ... ?

	Immer	Meistens	Ziemlich oft	Manchmal	Selten	Nie
voller Schwung						
sehr nervös						
niedergeschlagen						
gelassen						
voller Energie						
entmutigt						
erschöpft						
glücklich						
müde						

10. Wie häufig haben Ihre seelischen Probleme Ihre sozialen Kontakte beeinflusst?

Immer Meistens Manchmal Selten Nie

11. Inwieweit treffen folgende Aussagen auf Sie zu?

- a) Ich scheine leichter krank zu werden als andere.
- b) Ich bin genauso gesund wie andere auch.
- c) Ich erwarte, dass meine Gesundheit nachlässt.
- d) Ich erfreue mich ausgezeichneter Gesundheit.

	trifft vollkommen zu	trifft weitgehend zu	weiss nicht	trifft weniger zu	trifft überhaupt nicht zu
a)					
b)					
c)					
d)					

Ehrenwörtliche Erklärung

Hiermit erkläre ich, dass:

- mir die Promotionsordnung der Medizinischen Fakultät der Friedrich-Schiller-Universität bekannt ist,
- ich die Dissertation selbst angefertigt habe und alle von mir benutzten Hilfsmittel, persönlichen Mitteilungen und Quellen in meiner Arbeit angegeben sind,
- mich folgende Personen bei der Auswahl und Auswertung des Materials sowie bei der Herstellung des Manuskripts unterstützt haben:
 - Herr Prof. Dr. Dr. med. G. O. Hofmann,
 - Herr Dr. med. W. Wawro,
 - Herr Wolfram Mayer
- die Hilfe eines Promotionsberaters nicht in Anspruch genommen wurde und dass Dritte weder unmittelbar noch mittelbar geldwerte Leistungen von mir für Arbeiten erhalten haben, die im Zusammenhang mit dem Inhalt der vorgelegten Dissertation stehen,
- ich die Dissertation noch nicht als Prüfungsarbeit für eine staatliche oder andere wissenschaftliche Prüfung eingereicht habe und
- ich die gleiche, eine in wesentlichen Teilen ähnliche oder eine andere Abhandlung nicht bei einer anderen Hochschule als Dissertation eingereicht habe.

Ennetbürgen, März 2013